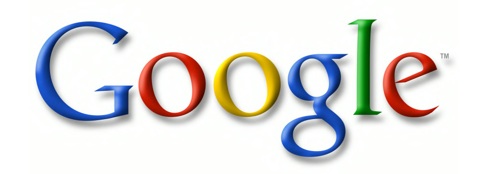
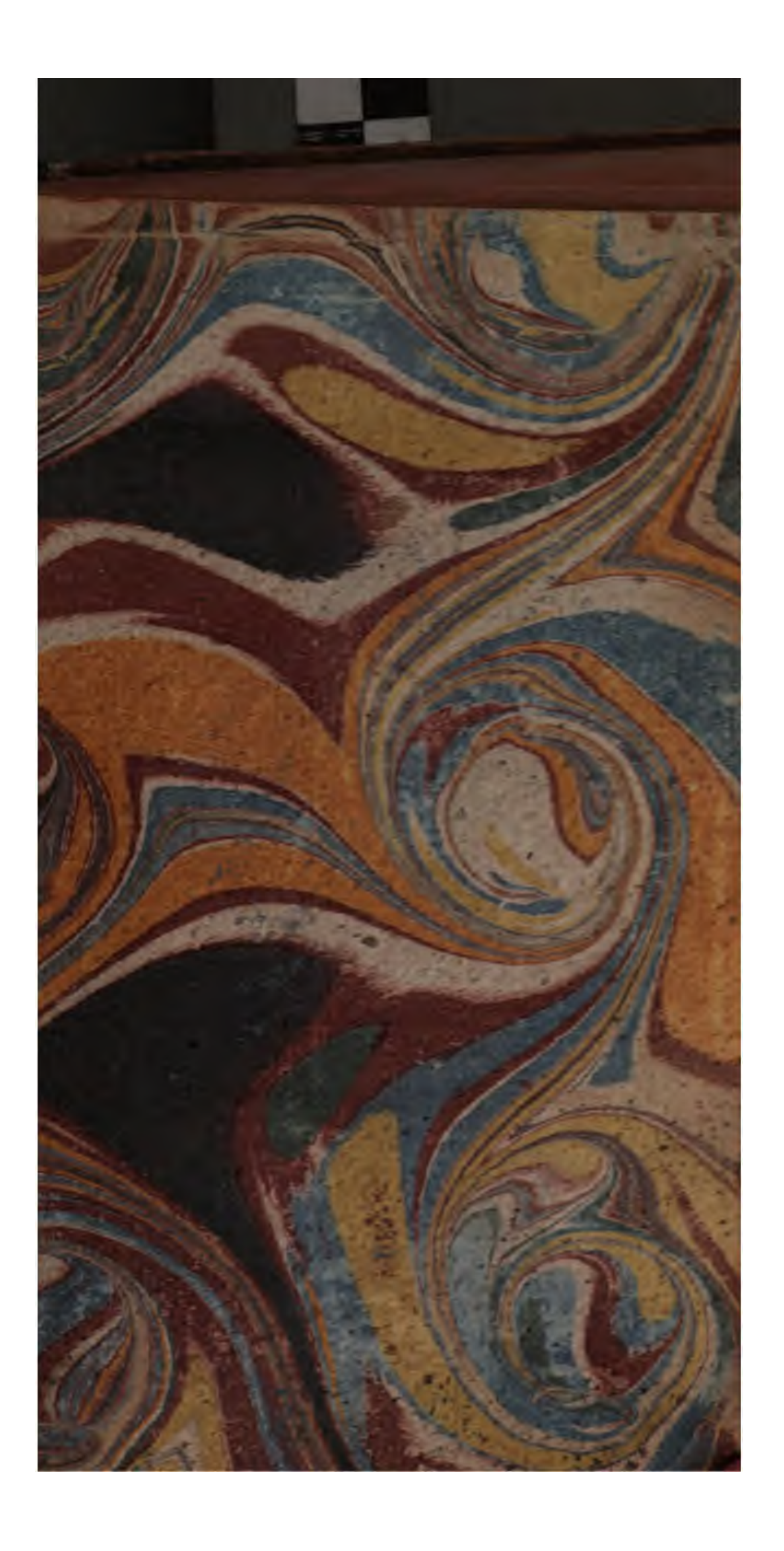

Google











LETTRES
A UNE PRINCESSE D'ALLEMAGNE
SUR DIVERS SUJETS
de
PHYSIQUE & de PHILOSOPHIE

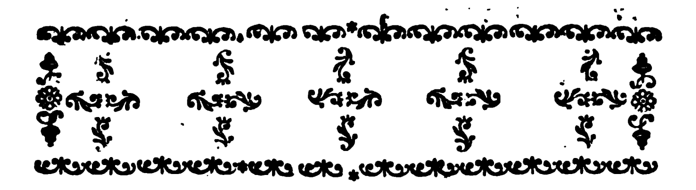
TOME PREMIER.



A SAINT PETERSBOURG
de l'Imprimerie de l'Academie Impériale des Sciences
M DCC LX VIII.



[redacted]



TABLE

DES MATIERES

CONTENUES

dans les lettres du premier Tome

LET-

[redacted]

LET-



 énorme

LET-



Philo-



LET-

FIN DE LA TABLE DES MATIERES.

DU TOME I.



LET-





LETTRES
ÉCRITES
A UNE PRINCESSE D'ALLEMAGNE
ſur divers ſujets
de
PHYSIQUE ET DE PHILOSOPHIE.

LETTRE I.



MADAME,

Comme l'eſperance de pouvoir continuer à V. A. mes inſtructions dans la Géometrie ſemble de nouveau être reculée, ce qui me cauſe un très ſenſible chagrin, je ſouhaiterois y pouvoir ſuppléer par écrit, autant que la nature des objets le permet. J'en ferai un eſſai en expliquant à V. A. la juſte idée qu'on doit ſe former de la grandeur, en y comprenant, tant les plus

petites que les plus grandes étendues que nous découvrons actuellement dans le monde. Et d'abord il faut se fixer une certaine mesure proportionée à nos sens, dont nous aïons une juste idée, comme par exemple celle d'un pied. Cette longueur étant une fois établie & mise devant les yeux, elle nous peut servir à connoitre toutes les longueurs, tant les plus grandes que les plus petites; celles-là, en déterminant combien de pieds elles renferment, & celles-ci en déterminant quelle partie d'un pied leur convient. Car ayant l'idée d'un pied, on en a une aussi de sa moitié, de son quart, de sa douzieme partie, qu'on nomme un pouce, de sa centieme partie & de sa millieme, laquelle est si petite qu'elle échappe presque à la vue. Mais il faut considerer, qu'il y a même des Animaux, qui ne sont pas plus grands, lesquels ayant leurs membres, dans lesquels coule leur sang, & qui renferment apparemment encore d'autres insectes vivans, qui à leur égard sont aussi petits qu'eux mêmes par rapport à nous, d'où l'on comprend, que les plus petites quantités existent actuellement au Monde, & qu'elles se trouvent encore divisées en des parties infiniment plus petites. Ainsi par exemple, quoique la dix millieme partie d'un pied soit insensible à notre égard, elle surpasse la grandeur d'un animal entier, & lui devroit sembler fort grande, s'il avoit quelque connoissance. Mais passons de ces petites quantités, où notre esprit se perd, à des plus grandes. V. A. connoit la longueur d'un mille; on en compte

dix-

dix-huit d'ici à Magdebourg ; on estime un mille de 24000 pieds, & on s'en sert pour mesurer la distance des lieux sur la terre, pour épargner les trop grands nombres, si l'on vouloit se servir du pied. Ainsi sachant qu'un mille est de 24000 pieds, quand on dit que Magdebourg est éloigné de Berlin de 18 Milles, on a une idée plus claire, que si l'on disoit, que cette distance est de 432000 pieds; ce grand nombre éblouïssant presque notre entendement. Pareillement on aura une idée juste de la grandeur de toute la terre, quand on saura que le contour de la terre contient 5400 Milles. Or la terre ayant la figure d'un Globe, le diametre de ce Globe est estimé à 1720 Milles, ce qui nous fournit une juste idée du Diametre de la terre, dont on se sert depuis, pour mesurer les plus grandes distances qu'on decouvre dans les cieux. Des corps celestes, c'est la Lune, qui nous approche le plus; sa distance de la terre n'étant environ que de 30. diametres de la terre, ce qui fait 51600 Milles, ou bien 273640000 pieds: mais la premiere mesure de 30 diametres de la terre est la plus claire. Le Soleil est environ 300 fois plus éloigné que la lune; & partant sa distance de 9000 diametres de la terre, nous donne une connoissance plus evidente, que si nous la voulions exprimer en milles ou même en pieds. V. A sait que la terre tourne autour du Soleil dans l'espace d'un An, & que le Soleil demeure en repos. Or il y a, outre la terre, encore 5 autres corps semblables,

 qui

qui tournent pareillement autour du Soleil, mais à des diſtances, ou plus petites, comme Mercure & Venus, ou plus grandes, comme Mars, Jupiter & Saturne, qu'on nomme les Planetes. Toutes les autres étoiles, que nous voyons, excepté les Cometes, ſont appellées fixes, dont la diſtance eſt incomparablement plus grande que celle du Soleil. Leurs diſtances de nous ſont ſans doute extrêmement inégales, delà vient que quelques unes paroiſſent plus grandes que les autres. Mais celle qui nous eſt la plus proche, eſt certainement plus que 5000 fois plus éloignée que le Soleil, & partant ſa diſtance ſurpaſſe 45000000 de Diametres de la terre; & en Milles elle ſeroit de 77400000000: enfin le nombre étant multiplié par 24000 donnera cette prodigieuſe diſtance exprimée en pieds. Ce n'eſt encore que la diſtance des étoiles fixes qui nous ſont les plus proches: & les plus éloignées que nous voyons, ſeront bien encore cent fois plus éloignées. Cependant on s'imagine que toutes ces étoiles, priſes enſemble, ne conſtituent qu'une très petite partie de l'univers tout entier, à l'égard duquel ces terribles diſtances ne ſont pas plus grandes qu'un grain de ſable par rapport à la terre. Toute cette immenſité eſt l'ouvrage du Tout puiſſant, qui gouverne également les plus grands corps, comme les plus petits *& qui dirige le ſuccès des armes, auquels nous ſommes interreſſés.*

à Berlin ce 19. Avril 1760.

LET-

LETTRE. II.

Dans l'eſperance que V. A. agréera la continuation de mes inſtructions dont j'ai pris la liberté de lui préſenter un echantillon l'ordinaire paſſé, je m'en vais developper l'idée de la vîteſſe, qui eſt une eſpece particuliere de grandeur, étant ſuſceptible du plus ou du moins. Lorſqu' une choſe eſt tranſportée, ou qu'elle paſſe d'un lieu à un autre, on lui attribue une vîteſſe. Qu'un courier à cheval & un meſſager à pïed, paſſent de Berlin à Magdebourg, on conçoit dans l'un & l'autre une certaine vîteſſe, mais on dit que la vîteſſe du premier eſt plus grande, que celle du dernier. Il s'agit donc d'examiner en quoi conſiſte la difference que nous mettons entre ces deux vîteſſes. Ce n'eſt pas le chemin, qui eſt le même pour le courier & le meſſager; mais la difference ſe trouve viſiblement dans le tems que l'un & l'autre emploïe à faire le même chemin. La vîteſſe du Courier eſt donc plus grande, puiſqu'il emploïe moins de tems à parcourir le chemin de Berlin à Magdebourg, & la vîteſſe du meſſager eſt plus petite puiſqu'il emploïe plus de tems à faire le même chemin : de là il eſt clair que pour ſe former une juſte idée de la vîteſſe, il faut avoir égard à deux eſpeces de quantité à la fois, c'eſt à dire au chemin qui eſt parcouru, & au tems écoulé. Ainſi un Corps qui parcourt en même tems un double chemin, a la viteſſe double, & s'il parcourt en même tems un chemin trois fois plus grand, ſa vïteſſe eſt eſtimée trois fois plus grande, & ainſi de ſuite. On connoitra donc la

vîtesse d'un corps, quand on sait le chemin qu'il parcourt dans un certain tems. Ainsi pour connoitre la vitesse de ma marche, quand je vais à Lytzow, (*) j'ai observé que je fais 120 pas dans une minute : or un de mes pas vaut deux pieds & demi; donc ma vîtesse est telle, que je parcours dans une minute un chemin de 300 pieds, & dans une heure je parcours un chemin soixante fois plus grand, ou bien de 18000. pieds ce qui n'est pas encore un mille qui contenant 24000 pieds demanderoit une heure & 20 minutes; donc si je voulois marcher d'ici à Magdebourg, il me faudroit emploier précisément 24 heures. Voila une juste idée de la vîtesse dont je suis capable de marcher, & de là on comprend aisément, ce que c'est qu'une vîtesse ou plus grande ou plus petite. Ainsi si un Courier alloit d'ici à Magdebourg en 12 heures, sa vîtesse seroit deux fois plus grande que la mienne; & s'il alloit en 8 heures, sa vîtesse seroit trois fois plus grande. Nous remarquons une très grande difference parmi les vîtesses, dans ce Monde. Une tortuë nous donne un exemple d'une très petite vîtesse; si elle ne fait qu'un pied dans une Minute, sa vîtesse est 300 fois plus petite que la mienne, puisque je fais 300 pieds dans une Minute. Or nous connoissons aussi des vîtesses beaucoup plus grandes. Celle du vent est très variable : un vent mediocre fait 10 pieds dans une seconde, ou 600 pieds dans une minute, il marche donc deux fois plus vite

(*) Village à une lieue de Berlin.



que moi. Un vent qui parcourt 20 pieds dans une ſeconde ou 1200 dans une minute, eſt déja paſſablement fort ; or un vent qui fait 50 pieds dans une ſeconde eſt extrêmement fort, quoique ſa vîteſſe ne ſoit que 10 fois plus grande que la mienne, & qu'il lui faille 2 heures & 24 minutes pour ſouffler d'ici à Magdebourg.

Après, vient la vîteſſe d'un ſon, qui fait 1000 pieds dans une ſeconde, & partant 60000 pieds dans une minute. Elle eſt donc 200 fois plus grande que la vîteſſe dont je marche ; & ſi l'on tiroit un canon à Magdebourg, & qu'il fût poſſible que le bruit paſſât juſqu à Berlin, il n'arriveroit qu'apres 7 Minutes de tems. Un boulet de canon ſe meut à-peu-près avec la même vîteſſe ; mais quand on emploïe la plus grande charge, on compte qu'il pourroit bien parcourir 2000 pieds dans une ſeconde ou 120000 dans une minute. Cette vîteſſe nous paroit prodigieuſe, quoiqu'elle ne ſurpaſſe que 400 fois celle dont je marche à Lytzow ; & c'eſt auſſi la plus grande vîteſſe, que nous appercevons ici bas ſur la terre. Mais il y a dans les cieux des vîteſſes beaucoup plus grandes, quoique les mouvemens nous en paroiſſent fort tranquilles. V. A. ſait que la terre ſe tourne autour de ſon axe dans l'eſpace de 24 heures, donc ſous l'équateur cette vîteſſe parcourt 5400 milles dans 24 heures, pendant que moi je n'en ſaurois parcourir que 18 milles. Cette vîteſſe eſt donc 300 fois plus grande que la mienne, & partant plus petite que la plus grande vîteſſe d'un boulet de ca-

non. Or la terre se meut autour du soleil dans l'espace d'un an, & avec cette vîtesse elle parcourt 128250 milles dans 24 heures; donc cette vîtesse est encore 18 fois plus rapide que celle d'un boulet de canon. La plus grande vîtesse que nous connoissions est sans doute celle de la lumiere qui parcourt 2000000 milles chaque minute, & qui surpasse celle d'un boulet de canon 400000 fois.

ce 22 Avril 1760.

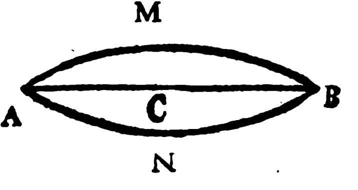
LETTRE III.

Les éclaircissemens sur les divers degrés de vitesses que j'ai pris la liberté de présenter à V. A. me conduisent à la consideration du son, ou d'un bruit quelconque en general; ayant remarqué qu'il s'ecoule toujours quelque tems avant qu'il parvienne jusqu'à nos oreilles, & que ce tems est d'autant plus long, que le lieu où le son est produit est eloigné de nous; ensorte que pour se communiquer à une distance de 1000 pieds, il lui faut une seconde de tems.

Quand on tire un Canon, ceux qui en sont éloignés n'entendent le bruit, que quelque tems après qu'ils ont vu la flamme de la poudre. Ceux qui sont éloignés d'une Mille ou de 24000 pieds, n'entendent le bruit que 24 secondes après la vue du feu. V. A. aura aussi bien souvent remarqué, que le bruit du tonnerre ne parvient à nos oreilles, que quelque tems apres l'éclair; & c'est delà qu'on peut juger, à quelle distance de nous se trouve l'endroit où le tonnerre est engendré. Si nous observons par exemple, qu'il s'écou-

[redacted]

s'écoule 20 secondes entre l'éclair & le tonnerre, nous pouvons conclure que le siege du tonnerre est 20 fois milles pieds éloigné de nous, en comptant pour chaque seconde de tems, mille pieds de distance. Cette belle propriété nous mene à la question, en quoi le son consiste? si la nature du son est semblable à celle de l'odeur? ou si le son est repandu de la même maniere du corps sonore, qu'une fleur repand son odeur en remplissant l'air de subtiles exhalaisons propres à exciter le sens de notre odorat? On peut avoir eu cette pensée dans l'antiquité, mais à present nous sommes bien convaincus, que lorsqu' une cloche est frappée, il n'en sort rien du tout qui soit transportée dans nos oreilles, ou bien que tout corps qui sonne ne pe d rien de sa substance. On n'a qu'à regarder une cloche, lorsqu'elle est frappée, ou une corde lorsqu'elle est pincée, pour s'appercevoir, que le corps se trouve alors dans un tremblement ou ébranlement dont toutes ses parties sont agitées. Et tout Corps qui est susceptible d'un tel ebranlement dans ses parties, produit aussi un son. Dans une corde, lorsqu'elle n'est pas trop mince, on peut voir ces ébranlemens ou vibrations par lesquelles la corde tendue A C B. passe alternativement dans la situation AMB & ANB que j'ai représentées beaucoup plus sensiblement qu' elles n'arrivent en effet. Ensuite il faut observer, que ces vibrations met-



tent l'air voiſin dans une ſemblable vibration, qui ſe communique ſucceſſivement aux parties plus éloignées de l'air, juſqu'á ce qu'elles viennent frapper l'organe de notre oreille. C'eſt donc l'air qui reçoit de telles vibrations, qui tranſporte le ſon juſqu'à nos oreilles; d'où il eſt clair que la perception d'un ſon n'eſt autre choſe, qne lorsque nos oreilles ſont frappées par l'ébranlement qui ſe trouve dans l'air, qui ſe communique à notre organe de l'ouïe; & quand nous entendons le ſon d'une corde pincée, nos oreilles en reçoivent autant de coups que la corde a fait de vibrations en même tems. Ainſi ſi la corde fait 100 vibrations dans une ſeconde, l'oreille en reçoit auſſi 100 coups dans une ſeconde, & la perception de ces coups eſt ce qu'on nomme un ſon. Lorsque ces coups ſe ſuivent également les uns les autres, ou que leurs intervalles ſont tous égaux, le ſon eſt regulier & tel qu'on l'exige dans la muſique; mais quand ces coups ſe ſuccedent inégalement, ou que leurs intervalles ſont inégaux entr'eux, il en reſulte un bruit irregulier, tout à fait impropre pour la muſique. Quand je conſidere un peu plus ſoigneuſement les ſons de muſique dont les vibrations ſe font également, je remarque dabord, que lorsque les vibrations, ainſi que les coups dont l'oreille eſt frappée, ſont plus on moins forts, il n'en reſulte d'autre difference dans le ſon, ſi ce n'eſt qu'il devient plus ou moins fort, & c'eſt la difference que les muſiciens indiquent par les mots *forte* & *piano*. Mais une difference beaucoup plus eſſentielle eſt, lorsque les vibrations ſont plus ou moins



moins rapides, ou qu'il en arrive plus ou moins dans une ſeconde. Ainſi quand une corde acheve 100 vibrations dans une ſeconde, & une autre corde 200 vibrations dans une ſeconde, leurs ſons ſeront eſſentiellement differens entr'eux; le premier ſera plus grave ou plus bas, & l'autre plus aigu ou plus haut. Voilà donc la veritable difference entre les ſons graves & aigus, ſur laquelle roule toute la muſique, qui enſeigne à mêler des ſons qui different entr'eux par rapport au grave & à l'aigu, mais unis tellement enſemble, qu'il en reſulte une agréable harmonie. Or dans les ſons graves il y a moins de vibrations en même tems, que dans les ſons aigus; & chaque ſon ſur le clavecin, renferme un nombre certain & determiné de vibrations qui s'achevent dans une ſeconde. Ainſi le ſon qui eſt marqué par la lettre *C* rend à peu près 100 vibrations dans une ſeconde, & le ſon marqué par la lettre $\overline{\overline{\overline{c}}}$ rend 1600 vibrations dans une ſeconde. Donc une corde qui tremble 100 fois dans une ſeconde donnera préciſement le ſon C, & ſi elle ne trembloit que 50 fois, le ſon ſeroit encore plus bas ou plus grave. Or à l'egard de nos oreilles; il y a des limites, au delà deſquelles les ſons ne ſont plus perceptibles. Il ſemble que nous ne ſaurions plus ſentir un ſon, qui fait moins de 20 vibrations dans une ſeconde, à cauſe de la trop grande baſſe, ni un ſon qui feroit dans une ſeconde plus de 4000 vibrations à cauſe de ſa trop grande hauteur.

le 26 Avril 1760.

LET-

LETTRES. IV.

Votre Altesse vient d'interrompre le fil de mes pensées d'une maniere très gracieuse . . . .
. . . .
. . . .
. . . .

C'est donc avec un coeur rempli de remerciment que je retourne à mon sujet; & ayant remarqué qu'en entendant un son simple de Musique, notre oreille est frappée d'une suite de coups également éloignés entr'eux, dont la frequence ou le nombre produit dans un certain tems, cause la difference qui regne entre les sons graves & aigûs, ensorte que plus le nombre de vibrations ou coups produits dans un certain tems, comme dans une seconde, est petit, plus le son est estimé grave; & plus ce nombre là est grand, plus le son est aigu. Donc la sensation d'un son simple de musique peut être comparée avec une suite de points également eloignés entre-eux, comme . . . . Si les intervalles entre ces points sont ou plus grands ou plus petits, le son, qui en est representé sera ou plus grave ou plus aigû. Il n'y a point aussi de doute, que la sensation d'un son simple ne soit semblable ou analogue à la vuë d'une telle suite de points également éloignés entre-eux; & par ce moyen on peut representer aux yeux la même chose que les oreilles sentent en entendant un son. Si les distances entre les points n'etoient pas égales, & que les points fussent rangés confusément, ce seroit la



la répresentation d'un bruit confus contraire à l'harmonie. Cela posé, considerons quel effet deux sons rendus à la fois, doivent produire sur l'oreille ; & d'abord il est clair que si ces deux sons sont égaux, ou que chacun renferme le même nombre de vibrations pour le même tems, l'oreille en sera affectée de la même maniere que d'un seul son : & dans la Musique on dit que ces deux sons sont à l'unisson, ce qui est le plus simple *accord*, un *accord* étant nommé le mêlange de deux ou plusieurs sons qu'on entend à la fois. Mais si les deux sons sont differens par rapport au grave ou à l'aigu, on appercevra un mélange de deux suites de coups, dans chacune desquelles les intervalles sont égaux entr'eux, mais dans l'une plus grands que dans l'autre, celles-là repondant au son plus grave, & celles-ci au plus aigû. Un tel mélange ou accord de deux sons peut être représenté aux yeux par deux suites de

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
a . . . . *b*
c . . . . *d*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

points rangés sur deux lignes *a b* & *c d* : & pour avoir une juste idée de ces deux suites, il faut s'appercevoir de l'ordre qui y regne, ou ce qui revient au même, du rapport entre les intervalles de l'une & de l'autre ligne. Ayant numeroté les points de l'une & l'autre ligne & mis le No. 1 sous le No. 1 ; les No. 2. ne seront plus précisément l'un sous l'autre, & encore moins les No. 3 : mais on voit qu'en-haut le nom-

nombre 11. se trouve précisément au dessus du nombre 12. en bas; d'où l'on connoit que le plus haut son acheve 12 vibrations, pendant que l'autre n'en fait que 11. Mais sans y écrire les nombres, les yeux n'y decouvriroient presque point cet ordre, & il en est de même des oreilles, qui decouvriroient aussi difficilement l'ordre parmi les deux sons que j'ai representés par les deux rangs de points. Mais dans cette figure

. . . .

. . . . . .

on découvre au premier coup d'œil que la ligne d'en haut contient deux fois plus de points que celle d'en bas, ou que les intervalles dans la ligne d'en bas sont deux fois plus grands que dans celle d'en haut. C'est sans doute le cas le plus simple après l'unisson, où l'on peut aisément découvrir l'ordre dans ces deux suites de points; & il en est de même des deux sons représentés par ces deux lignes de points, dont l'un achevera précisément deux fois plus de vibrations que l'autre, & l'oreille s'appercevra aisément de ce beau rapport qui se trouve parmi ces deux sons, pendant que dans le cas precedent le jugement est très difficile, sinon impossible. Maintenant quand l'oreille découvre aisément un rapport qui regne entre deux sons, leur accord est nommé une *consonance*, & quand ce rapport est très difficile à découvrir ou même impossible, l'accord est nommé *dissonance*. Donc la plus simple consonance est celle où le son aigu acheve precisément deux fois plus de vibrations que le son grave. Cette con-

so-

sonance est nommée dans la musique une *Octave :* tout le monde en connoit la force, & deux sons qui different précisément d'une Octave, harmonient si bien & se ressemblent si fort, que les musiciens les marquent par les mêmes lettres. Aussi voyons nous dans les églises, que les femmes chantent d'une octave plus haut que les hommes, & s'imaginent pourtant entonner les mêmes sons. V. A. s'assurera aisément de cette vérité sur un clavecin, & s'appercevra avec plaisir du bel accord entre tous les sons qui different d'une Octave, pendant que deux autres sons quelconques ne sonnent pas si bien.

le 29 Avril 1760.

LETTRE V.

V. A. aura dejà remarqué que l'accord que les Musiciens nomment une Octave, frappe l'oreille d'une maniere si marquée, qu'on y découvre aisément la moindre aberration. Ainsi ayant entonné le son marqué *F.* on y accorde aisément le son *f* qui est plus haut d'une Octave, par le seul jugement de l'oreille; & si la corde du son *f* est tant soit peu trop haute ou trop basse, l'oreille en est d'abord choquée : rien n'est plus aisé que de la mettre parfaitement d'accord. Aussi voyons nous que tout le monde passe aisément, en chantant, d'un son à un autre qui est d'une Octave ou plus haut on plus bas. Mais s'il faut passer du son F au son *d* par exemple, un chanteur mediocre se trompera aisément, s'il n'est pas secouru d'un

d'un inſtrument; ayant fixé le ſon F il eſt presque impoſſible d'y accorder tout d'un coup, le ſon *d*. Quelle eſt donc la raiſon de cette difference, qu'il eſt ſi aiſé d'accorder le ſon *f* au ſon F & ſi difficile d'y accorder le ſon *d*? Cette raiſon eſt bien évidente, parce que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. dans mes dernieres remarques. C'eſt que le ſon F & le ſon *f* font une Octave, ou que le nombre des vibrations du ſon *f* eſt preciſément le double de celui du ſon F. Pour appercevoir cet accord, il ne s'agit que de ſentir la proportion de un à deux qui, comme elle ſaute d'abord aux yeux par la repréſentation des points dont je me ſuis ſervi auparavant, affecte les oreilles d'une maniere ſemblable. Or V. A. comprendra aiſément, que plus une proportion eſt ſimple ou exprimée par des petits nombres, plus elle ſe préſente diſtinctement à l'entendement, & y excite un ſentiment de plaiſir. Les architectes obſervent auſſi très ſoigneuſement cette maxime, en emploiant par tout dans les bâtimens des proportions auſſi ſimples que les autres circonſtances le permettent. Dans les portes & fenêtres ils font ordinairement la hauteur deux fois plus grande que la largeur, & partout ils tâchent d'emploïer des proportions exprimables en des petits nombres, puiſque cela plait à l'entendement. Il en eſt donc de même dans la muſique, où les accords ne plaiſent qu'entant que l'eſprit y découvre la proportion qui regne entre les ſons, & cette proportion s'apperçoit d'autant plus aiſément, qu'elle eſt exprimée



primée par de petits nombres. Or après la proportion d'égalité, qui marque deux sons égaux ou à l'unisson, la proportion de deux à un est sans doute la plus simple, & c'est celle qui fournit l'accord d'une octave: delà il est évident que cet accord est doué de beaucoup de prérogatives parmi les autres consonances. Après cette explication de l'accord ou de l'intervalle entre deux sons, que les musiciens nomment une octave, considerons plusieurs sons, comme F, f, $\bar{f}$ $\bar{\bar{f}}$ $\bar{\bar{\bar{f}}}$, dont chacun est d'une octave plus haut que le precedent; Donc puisque l'intervalle de F à f, de f à $\bar{f}$, de $\bar{f}$ à $\bar{\bar{f}}$, de $\bar{\bar{f}}$ à $\bar{\bar{\bar{f}}}$ est une octave, l'intervalle de F à $\bar{f}$ sera une double octave, celui de F à $\bar{\bar{f}}$ une triple octave, & celui de F à $\bar{\bar{\bar{f}}}$ une quadruple octave. Or pendant que le son F rend une vibration, le son f en rend deux, le son $\bar{f}$, quatre, le son $\bar{\bar{f}}$ huit, le son $\bar{\bar{\bar{f}}}$ seize: d'où nous voyons, que comme une octave repond 1 à 2, ainsi une double octave repond 1 à 4, une triple octave 1 à 8 & une quadruple à celle de 1 à 16. Or la proportion de 1 à 4 n'étant plus si simple que celle de 1 à 2, puisqu'elle ne saute plus si aisément aux yeux, une double octave ne s'apperçoit pas si aisément, qu'une simple octave; une triple octave est encore moins perceptible, & une quadruple octave encore moins. Ainsi en accordant un clavecin et ayant fixé le son F, il n'est pas si aisé d'y accorder la double octave $\bar{f}$, que la simple f; & il est encore plus difficile d'y accorder la triple

octave $\bar{\bar{\bar{f}}}$ & la quadruple $\bar{\bar{\bar{\bar{f}}}}$, sans y monter par les octaves intermediaires. Ces accords sont aussi compris dans le terme de consonance ; & puisque celle de l'unisson est la plus simple, on peut les ranger selon les dégres suivans.

I. Degré, l'unisson qui est indiqué par la proportion de 1 à 1

II. Degré, l'octave continûe dans la proportion de 1 à 2.

III. Degré, la double octave dans la proportion de 1 à 4.

IV. Degré, la triple octave dans la proportion de 1 à 8.

V. Degré, la quadruple octave dans la proportion de 1 à 16.

VI. Degré, la quintuple octave dans la proportion de 1 à 32.

Et ainsi de suite, entant que les sons en sont encore sensibles. Ce sont les accords, ou consonances, à la connoissance desquelles nous avons été conduits jusqu'ici ; & nous ne savons encore rien des autres especes de consonances, & encore moins des dissonances dont on fait usage dans la musique. Mais avant de passer à l'explication de celles-ci, je dois ajouter une remarque sur le nom d'octave, qu'on donne à l'intervalle de deux sons dont l'un fait deux fois plus de vibrations que l'autre. V. A. en voit la raison dans les touches principales du clavecin, qui montent par 7 dégrés avant que d'arriver à l'octave, comme *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *A*, *H*, *c* desorte que la touche *c* est la hui-

[redacted]

huitième, en comptant C la première. Mais cette division dépend d'une certaine espece de musique, dont la raison ne sauroit être exposée que dans la suite.

le 3. May 1760.

LETTRE VI.

On peut dire que toutes les proportions de 1 à 2, de 1 à 4, de 1 à 8, de 1 à 16, que nous avons considerées jusqu'ici, & qui renferment la nature d'une octave simple ou double ou triple ou quadruple, tirent leur origine du seul nombre 2, puisque 4 est deux fois deux, 8 deux fois quatre, & 16 est deux fois huit. Ainsi en n'admettant que le nombre *deux* dans la Musique, on ne parvient qu'à la connoissance des accords ou consonances, que les musiciens nomment octave, ou simple, ou double, ou triple; &, puisque le nombre 2 ne fournit par sa réduplication que les nombres 4, 8, 16, 32, 64, l'un étant toujours double de l'autre, tous les autres nombres nous demeurent encore inconnus. Or si un instrument ne contenoit que des octaves, comme les sons marqués C, c, $\bar{c}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$, & que tous les autres en fussent exclus, il ne sauroit produire aucune musique agreable, à cause de sa trop grande simplicité: introduisons donc outre le nombre 2 encore le nombre 3, & voyons quels accords ou quelles consonances en résulteront. D'abord la proportion de 1 à 3 nous presente deux sons, dont l'un rend trois fois plus de vibrations que l'autre

 en

en même tems. Cette proportion eſt ſans doute la plus aiſée à comprendre, après celle de 1 à 2, & partant elle fournira des conſonances fort belles, mais d'une nature tout à fait differente de celle des octaves. Suppoſons donc que de la proportion de 1 à 3, le nombre 1 reponde au ſon *C*; puiſque le nombre *c* eſt exprimé par le nombre 2, le nombre 3 nous donne un ſon plus haut que *c*, mais pourtant plus bas que le ſon $\bar{c}$ qui repond au nombre 4. Or le ſon exprimé par 3 eſt celui que les muſiciens marquent par la lettre *g*, & ils nomment l'intervalle de *c* à *g*, *une quinte*, puiſque dans les touches d'un clavecin, celle de *g* eſt la cinqueime depuis *c*, comme *c*, *d*, *e*, *f*, *g*. Donc ſi le nombre 1 donne le ſon C, le nombre 2 donne *c*, le nombre 3 donne *g*, le nombre 4 le ſon $\bar{c}$; & puiſque le ſon $\bar{g}$ eſt l'octave de *g*, ſon nombre ſera 2 fois 3, & partant 6, & montant encore d'une octave, le ſon $\bar{\bar{g}}$ ſera deux fois plus grand, & partant 12. Tous les ſons donc auxquels les deux nombres 2 & 3 nous conduiſent en indiquant le ſon *C* par. 1. ſont.

$C \,.\, c \,.\, g \,.\, \bar{c} \,.\, \bar{g} \,.\, \bar{\bar{c}} \,.\, \bar{\bar{g}} \,.\, \bar{\bar{\bar{c}}}$

1 . 2 . 3 . 4 . 6 . 8 . 12 . 16

De là il eſt clair que la proportion de 1 à 3 exprime une intervalle compoſé d'une octave & d'une quinte, & que cet intervalle, à cauſe de la ſimplicité de ſes nombres, doit être, apres l'octave, la plus ſenſible à l'oreille. Auſſi les Muſiciens donnent-ils à la quinte le ſecond rang parmi les conſonances; et l'oreille en eſt ſi

agrea-

agreablement affectée, qu'il eſt fort aiſé d'accorder une quinte. Ainſi ſur les violons, les quatres cordes montent par des quintes, la plus baſſe étant G, la ſeconde *d* la troiſiemé *a*. & la quatrieme $\bar{e}$; & chaque muſicien les met aiſément d'accord par l'oreille ſeule. Cependant une quinte ne s'accorde pas ſi aiſément qu'une octave ; mais la quinte au deſſus de l'octave, comme de C à *g*, étant exprimée par la proportion de 1 à 3, eſt plus ſenſible qu'une ſimple quinte, comme de C à G, ou de *c* à *g* laquelle eſt exprimée par la proportion de 2 à 3 ; & l'on ſait auſſi par l'experience, qu'aiant fixé le ſon C, il eſt plus aiſé d'y accorder la quinte ſuperieure *g*, que la ſimple G. Si l'unité nous avoit marqué le ſon F, le nombre 3 marqueroit le ſon $\bar{c}$.

enſorte que F . f . $\bar{c}$. $\bar{f}$. $\bar{\bar{c}}$. $\bar{\bar{f}}$. $\bar{\bar{\bar{c}}}$ ſeroient
marqués par 1 . 2 . 3 . 4 . 6 . 8 . 12

où de f à $\bar{c}$ l'intervalle eſt une quinte contenue dans la proportion de 2 à 3, de $\bar{f}$ à $\bar{\bar{c}}$, de $\bar{\bar{f}}$ à $\bar{\bar{\bar{c}}}$ il y a auſſi une quinte, puiſque la proportion de 4 à 6 & de 8 à 12 eſt la même que celle de 2 à 3. Car ſi deux aûnes coutent 3 ecus, 4 aunes couteront 6, & 8 aunes 12 ecus. De là nous arrivons à la connoiſſance d'un autre intervalle contenu dans la proportion de 3 à 4, qui eſt de $\bar{c}$ à $\bar{f}$, & partant auſſi de *c* à *f*, ou de C à F, que les muſiciens nomment une *quarte*, laquelle étant exprimée par de plus grands nombres, il s'en faut beaucoup, qu'elle ſoit ſi agréable que la quinte & encore moins que l'octave. Comme le nombre 3 nous a fourni ces nouveaux

accords ou consonances de la quinte et de la quarte, avant que d'employer d'autres nombres, prenons le nombre 3 encore trois fois, pour avoir le nombre 9 qui donnera un son plus haut que le son 3 ou $\bar{c}$ d'une octave et d'une quinte, où $\bar{\bar{c}}$ est l'octave de $\bar{c}$ et $\bar{\bar{g}}$ la quinte de $\bar{c}$: donc le nombre 9 donne le son $\bar{\bar{g}}$, ensorte que $\bar{\bar{c}}$. $\bar{\bar{f}}$. $\bar{\bar{g}}$. $\bar{\bar{\bar{c}}}$, seront marqués par 6, 8, 9, 12, où prenant ces sons dans les octaves inferieures, les proportions demeurant les mêmes, on aura.

$$C . F . G . c . f . g . \bar{c} . \bar{f} . \bar{g} . \bar{\bar{c}} . \bar{\bar{f}} . \bar{\bar{g}} . \bar{\bar{\bar{c}}}$$
$$6 . 8 . 9 . 12 . 16 . 18 . 24 . 32 . 36 . 48 . 64 . 72 . 96$$

d'où nous parvenons à la connoissance de nouveaux intervalles. Le premier est celui de F à G contenu dans la proportion de 8 à 9, que les Musiciens nomment une *seconde*, et aussi un *ton entier*. Le second est de G à *f* contenu dans la proportion de 9 à 16 qu'on nomme une *septieme*, et qui est d'une seconde ou d'un ton entier plus petit qu'une octave. Ces proportions étant déja exprimées par des nombres considerablement grands, les intervalles ne sont plus comptés parmi les consonances, et les Musiciens les nomment *dissonances*.

Si nous prenons le nombre 9 encore trois fois, pour avoir 27, ce nombre marquera un ton plus haut que $\bar{c}$, et précisement d'une quinte plus haut que *g*, ce sera donc le ton $\bar{d}$ et son octave $\bar{\bar{d}}$ repondra au nombre 2 fois 27 ou 54, et la

dou-

double octave $\bar{\bar{d}}$ au nombre 2 fois 54 ou 108. Repreſentons ces tons, de quelques octaves plus bas, de la maniere ſuivante;

C, D, F, G, c, d, f, g, $\bar{c}$, $\bar{d}$, $\bar{f}$, $\bar{g}$,
24. 27. 32. 36. 48. 54. 64. 72. 96. 108. 128. 144.
$\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{d}}$, $\bar{\bar{f}}$, $\bar{\bar{g}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$,
192. 216. 256. 288. 384.

Où nous découvrons que l'intervalle D à F eſt contenu dans la proportion de 27 à 32, & celui de F à d dans la proportion de 32 à 54, ou prenons là moitié de 16 à 27, dont la premiere eſt nommée une *tierce mineure*, & l'autre une *ſexte majeure*. On pourroit encore tripler le nombre 27, mais la muſique ne paſſe pas ſi loin, & on ſe borne au nombre 27 reſultant de 3, en le multipliant pour la troiſieme fois par ſoi-même, les autres tons de muſique, qui nous manquent encore, ſont introduits par le nombre 5, que je développerai dans la lettre ſuivante.

le 3 de May 1760.

LETTRE VII.

La matiére ſur laquelle je prends la liberté d'entretenir *V. A.* eſt ſi ſeche que j'ai lieu de craindre, qu'elle ne Vous ennuiè bientôt; mais pour ne pas emploïer trop de tems, j'envoïe aujourd'huy trois lettres à la fois, afin de finir, tout d'un coup, ce ſujet preſque dégoutant. Mon intention étoit de mettre devant les yeux de *V. A.* la veritable origine des ſons emploïés dans la muſique, qui eſt preſque abſolument inconnüe

 à

à tous les muficiens. Car ce n'eft pas la Theorie qui les a conduit à la connoiffance de tous les tons ; ils en font plutôt redevables à une force cachée de la veritable Harmonie, qui a operé fi efficacement fur les oreilles, qu'elles ont pour ainfi dire été forçées de recevoir les tons qui font actuellement en ufage, quoiqu'ils ne foient pas encore bien decidés fur leur jufte détermination. Or les principes de l'Harmonie fe réduifent enfin à des nombres, comme j'ai eu l'honneur de le faire voir ; & j'ai rémarqué que le nombre 2 ne fournit que des octaves, enforte qu'ayant, par exemple, fixé le ton *F*, nous avons été conduits au fon f, $\bar{f}$, $\bar{\bar{f}}$, $\bar{\bar{\bar{f}}}$. Enfuite le nombre 3 fournit les tons C, c, $\bar{c}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$, qui different de ceux-là d'une quinte; & la répetition de ce même nombre 3. fournit encore les quintes des premieres, qui font G, g, $\bar{g}$, $\bar{\bar{g}}$, $\bar{\bar{\bar{g}}}$, & enfin la troifieme répetition de ce nombre 3 y ajoute encore les tons D, d, $\bar{d}$, $\bar{\bar{d}}$. Or les principes de l'harmonie étant attachés à la fimplicité, ne femblent pas permettre qu'on pouffe plus loin la répetition du nombre 3, & partant jufqu'ici nous n'avons que les tons fuivans pour chaque octave

$$\begin{matrix} F & . & G & . & c & . & d & . & f \\ 16 & . & 18 & . & 24 & . & 27 & . & 32 \end{matrix}$$

qui n'admettent pas certainement une mufique bien variée. Mais introduifons auffi le nombre 5, & voyons quel fera le ton qui rend 5 vibrations pendant que le ton *F* n'en fait qu'une. Or le ton f fait en même tems 2 & le ton $\bar{f}$, 4 & le ton $\bar{\bar{c}}$, 6.

Le

Le ton en question est donc entre $\bar{f}$ & $\bar{\bar{c}}$, & c'est celui que les musiciens indiquent par la lettre $\bar{a}$, dont l'accord avec le ton $\bar{f}$ est nommé une *tierce majeure*, & se trouve faire une consonance fort agréable, étant contenu dans la proportion de ces assez petits nombres 4 à 5. De plus ce ton $\bar{a}$ avec le ton $\bar{\bar{c}}$ fait un accord contenu dans la proportion de 5 à 6, qui est presque aussi agréable que celui-là, & qu'on nomme aussi une *tierce mineure*, comme celle, dont nous avons déjà parlé, contenue entre les nombres 27 & 32 : puisque la difference est presque insensible à l'oreille. Ce même nombre 5 étant appliqué aux autres tons *G*, *c*, *d*, nous donneront de la même manière leurs tierces majeures prises dans la seconde octave au dessûs, c'est à dire les sons $\bar{b}$ $\bar{\bar{e}}$ & $\bar{\bar{fs}}$ qui étant transportés dans la première octave, nous aurons maintenant ces tons avec leurs nombres.

F	Fs	G	A	H	c	d	e	f
128	135	144	160	180	192	216	240	256

Otés les tons *Fs* & vous aurés les touches principales du clavecin qui, selon les anciens, constituent le Genre nommé *Diatonique*, & qui resulte du nombre 2, du nombre 3 trois fois répeté, & du nombre 5. En n'admettant que ces tons, on est en état de composer de très belles & très variées mélodies, dont la beauté est fondée uniquement sur la simplicité des nombres qui ont fourni ces tons. Enfin en appliquant pour la seconde fois le nombre 5, il fournira les tierces

de quatre nouveaux tons *A*, *E*, *H*, *Fis* que nous venons de trouver, et partant nous aurons les sons *Cs*, *Gs*, *Ds* & *B* de sorte qu'à présent l'octave est remplie de 12 tons précisément les mêmes qui sont reçus dans la Musique. Tous ces tons tirent leur origine de ces trois nombres 2, 3 et 5, en répliquant 2 autant de fois que les octaves le demandent; mais pour le 3, on ne le réplique que 3 fois, et le nombre 5 deux fois seulement. Voilà donc tous les tons de la premiere octave exprimés par les nombres suivans, où l'on voit la composition de chacun des nombres 2, 3 & 5

			Differences
C	2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 3 . . .	384	
Cs	2 . 2 . 2 . 2 . 5 . 5	400	16
D	2 . 2 . 2 . 2 . 3 . 3 . 3	432	32
Ds	2 . 3 . 3 . 3 . 5	450	18
E	2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 3 . 5	480	30
F	2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 .	512	32
Fs	2 . 2 . 3 . 3 . 3 . 5	540	28
G	2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 3 . 3 . . .	576	36
Gs	2 . 2 . 2 . 3 . 5 . 5	600	24
A	2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 5 . . .	640	40
B	3 . 3 . 3 . 5 . 5	675	35
H	2 . 2 . 2 . 2 . 3 . 3 . 5	720	45
c	2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 3 .	768	48

pendant que le son *C* rend 384 vibrations le son *Cs* rend 400 en même tems & les autres autant que les nombres y joints marquent: ainsi le son *c* rendra en même temps 768 ce qui est précisément le double du nombre 384. Et pour les octaves suivantes, on n'a qu'à multiplier ces nombres par 2, ou par 4, ou par 8. Ainsi le son $\bar{c}$ rendra 2 fois

fois 768 ou 1536 vibrations, le ſon $\overline{\overline{c}}$, 2 fois 1536 ou 3072 vibrations, & le ſon $\overline{\overline{\overline{c}}}$, 2 fois 3072 ou 6144 vibrations. Pour comprendre la formation des ſons de ces trois nombres 2, 3 & 5, il faut remarquer, que les points mis entre ces nombres ſignifient la multiplication; ainſi pour le ton *Fs* l'expreſſion 2 . 2 . 3 . 3 . 3 . 5, ſignifie 2 fois 2 fois 3 fois 3 fois 3 fois 5. Or 2 fois 2 eſt 4 & 4 fois 3 eſt 12 & 12 fois 3 eſt 36 & 36 fois 3 eſt 108 & 108 fois 5 eſt 540. On voit par là que les differences entre ces tons ne ſont pas égales entr'elles, & que d'autres ſont plus grandes & d'autres plus petites; c'eſt auſſi ce que la veritable harmonie exige. Mais puiſque l'inégalité n'eſt pas conſiderable, on regarde communément toutes ces differences comme égales, & l'on nomme le ſaut de chaque ton au ſuivant un *ſemiton*; car l'on dit que l'octave eſt de cette maniere diviſée en 12 *ſemitons*. Pluſieurs Muſiciens les font auſſi actuellement egaux, quoique cela ſoit contraire aux principes de l'harmonie: car de cette façon, aucune quinte ni aucune tierce n'eſt juſte, & l'effet en eſt le même, que ſi ces tons n'étoient pas bien accordés. Ils conviennent auſſi qu'il faut renoncer à la juſteſſe de ces accords, pour obtenir l'avantage de l'égalité de tous les ſemitons de ſorte que la tranſpoſition d'un ton à un autre quelconque ne change rien dans les melodies. Cependant ils avouent eux mêmes que la même piece étant joüée du ton *C* ou d'un demi ton plus haut *Cs*, change conſiderablement de nature, d'où il eſt clair, que tous les demi-tons ne ſont

pas

pas effectivement égaux, quoique les Muficiens s'efforcent de les rendre tels, parceque la veritable harmonie s'oppofe à l'execution de ce deffein qui lui eft contraire. Voilà donc la veritable origine des tons qui font aujourd' hui en ufage, & qui font tirés des nombres 2, 3, & 5. Si l'on vouloit encore introduire le nombre 7, le nombre des tons d'une octave deviendroit plus grand, & toute la mufique en feroit portée à un plus haut dégré. Mais c'eft ici que la Mathematique abandonne l'harmonie à la mufique.

le 3 May 1760.

LETTRE VIII.

C'eft une queftion auffi importante que curieufe, pourquoi une belle mufique excite en nous le fentiment du plaifir? Les favans font bien partagés là deffus. Il y en a qui prétendent, que c'eft une pure bizarrerie, & que le plaifir que caufe la mufique, n'eft fondé fur aucune raifon, vu que la même mufique peut être gouteé par quelques uns, & deplaire à d'autres. Mais bien loin que la queftion en foit decidée par là, la queftion en devient plutôt plus compliquée; car on veut favoir la raifon pourquoi la même piece de mufique peut produire de fi differens effets, puisqu'il faut convenir que rien n'arrive fans raifon. D'autres difent que le plaifir qu'on fent en entendant une belle Mufique, confifte dans la perception de l'ordre qui y regne. Ce fentiment paroit dabord affez bien fondé & merite d'être examiné plus foigneufement. La mufique renferme deux efpeces d'objets où quelque or-

ordre trouve lieu. L'un ſe rapporte à la difference des tons, en tant qu'ils ſont hauts ou bas, aigus ou graves ; & V. A. ſe ſouviendra que cette difference eſt contenue dans le nombre de vibrations que chaque ton rend en même tems. Cette difference qui ſe trouve entre la vîteſſe des vibrations de tous les tons, eſt ce qui eſt nommé proprement l'harmonie. Donc en entendant une muſique, lorsqu'on comprend les rapports ou les proportions que les vibrations de tous les tons tiennent entr'eux, c'eſt la production de l'harmonie. Ainſi deux tons qui different d'une octave, excitent le ſentiment de la proportion de 1 à 2, une quinte la proportion de 2 à 3 & une tierce majeure, la proportion de 4 à 5. On comprend donc l'ordre qui ſe trouve dans quelque harmonie, quand on connoit toutes les proportions qui regnent entre les tons dont l'harmonie eſt compoſée ; & c'eſt le jugement des oreilles qui conduit à cette connoiſſance. Ce jugement étant plus ou moins fin, il eſt clair pour quoi la même harmonie eſt apperçue par l'un, & point du tout par l'autre, ſur tout quand les proportions entre les tons ſont exprimées par des nombres un peu grands. Mais la muſique renferme, outre l'harmonie, encore un autre objet ſusceptible d'ordre, qui eſt la meſure, par laquelle on aſſigne à chaque ton une certaine durée : & la perception de la méſure conſiſte dans la connoiſſance de la durée de tous les tons, & des proportions qui en naiſſent, comme ſi un ton dure deux fois, trois fois, ou quatre fois plus qu'un

qu'un autre. Le tambour & la timbale nous fourniſſent une muſique, où la ſeule meſure a lieu puisque tous les tons ſont égaux entr'eux, & lá il n'y a point d'harmonie ; comme il y a auſſi une muſique, où la ſeule harmonie a lieu, à l'excluſion de la meſure. Une telle muſique eſt le Choral, où tous les tons ſont d'une même durée: or une muſique parfaite contient & l'harmonie & la meſure. Maintenant, qui entend une muſique, & qui comprend, par le jugement de ſes oreilles, toutes les proportions ſur lesquelles, tant l'harmonie que la meſure, eſt fondée; il eſt certain qu'il a la plus parfaite connoiſſance de cette muſique qui ſoit poſſible; pendant qu'un autre qui n'apperçoit ces proportions qu'en partie, ou point du tout, n'y comprend rien, ou en a une connoiſſance imparfaite. Mais le plaiſir ſur lequel roule notre queſtion eſt encore bien different de cette connoiſſance, dont je viens de parler, quoiqu'on puiſſe ſoutenir hardiment qu'une muſique ne ſauroit produire du plaiſir, à moins qu'on n'en ait une connoiſſance. Car la ſeule connoiſſance de toutes les proportions qui regnent dans une muſique, tant à l'egard de l'harmonie que de la meſure, ne ſuffit pas encore pour exciter le ſentiment du plaiſir; il y faut quelque choſe de plus, que perſonne n'a pas encore developpé. Pour ſe convaincre que la ſeule perception de toutes les proportions d'une muſique n'eſt pas ſuffiſante, on n'a qu'à conſiderer une muſique fort ſimple, qui ne marche que par des octaves, où la perception des proportions eſt cer-

certainement la plus aiſée ; cependant il s'en faut beaucoup que cette muſique cauſe du plaiſir, quoiqu'on en ait la plus parfaite connoiſſance. On dit donc que le plaiſir demande une connoiſſance qui ne ſoit pas trop facile, mais qui exige quelque peine; il faut pour ainſi dire, que cette connoiſſance nous coute quelque choſe. Mais à mon avis cela ne ſuffit pas encore. Une diſſonance, dont la proportion conſiſte en de plus grands nombres, eſt plus difficile à etre compriſe, cependant une ſuite de diſſonances miſes ſans choix & ſans deſſein ne plaira pas. Il faut donc que le compoſiteur ait ſuivi, dans la compoſition, un certain plan ou deſſein qu'il ait executé par des proportions réelles & perceptibles; & alors lorsqu'un connoiſſeur entend cette piece, & qu'outre les proportions il en comprend le plan & le deſſein même que le compoſiteur a eu en vue, il ſentira cette ſatisfaction qui eſt ce plaiſir dont une belle muſique frappe les oreilles intelligentes. Ce plaiſir vient donc de ce qu'on devine pour ainſi dire les vües & les ſentimens du compoſiteur, dont l'execution, entant qu'on la juge heureuſe, remplit l'eſprit d'une agréable ſatisfaction. C'eſt à peu-près une ſemblable ſatisfaction qu'on reſſent en voïant une belle Pantomine, où on peut deviner par les geſtes & les actions, les ſentimens & les discours qui en ſont repreſentés, & qui executent outre cela un beau deſſein. Cette enigme du Ramoneur qui a tant plu à V. A. me fournit auſſi une belle inſtance. Dès qu'on en de-

vine

vine le ſens, & qu'on reconnoit, qu'il eſt parfaitement exprimé dans la propoſition de l'énigme, on en reſſent un grand plaiſir; au lieu que les enigmes plattes & mal dirigées n'en cauſent aucun. Voilà, à mon avis, les vrais principes, ſur lesquels ſont fondés tous les jugemens ſur la beauté des pieces de muſique; mais ce n'eſt que l'avis d'un homme, qui n'en entend rien du tout, & qui par conſéquent doit être honteux d'avoir oſé entretenir V. A ſur ce ſujet.

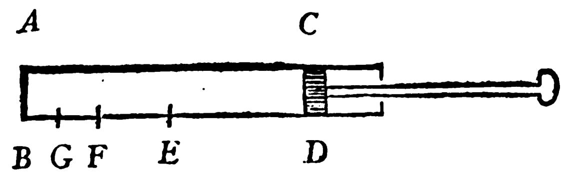
le 6 de May 1760.

LETTRE IX.

L'explication du ſon que j'ai eu l'honneur de preſenter à V. A me conduit à une conſideration plus particuliere de l'air, qui étant ſusceptible d'un ſemblable mouvement de vibration, que celui dont les corps ſonores, comme les cordes, cloches &c. ſont agités, en transmet l'ébranlement jusqu'à nos oreilles. On demande donc ce que c'eſt que l'air? On ne s'apperçoit pas d'abord que ce ſoit une matiere. Il ſemble que l'espace qui nous environne, entant que nous n'y voyons point des corps ſenſibles, ne contienne aucune matière, puiſque nous n'y ſentons rien, & que nous pouvons marcher & mouvoir nos membres à travers, ſans rencontrer le moindre obſtacle; mais on n'a qu'à frapper bien vîte la main pour ſentir quelque réſiſtance, & on s'appercevra même d'un vent cauſé par un tel

mou-

mouvement rapide. Aussi le vent n'est autre chose que l'air mis en mouvement ; & puisque le vent est capable de produire des effets si surprenans, qui pourroit douter, que l'air ne soit une matiere & partant aussi un corps ? car corps & matiere signifient la même chose. On distingue les corps en deux especes, les solides & les fluides ; & il est évident que l'air doit être rapporté dans la classe des fluides. Il a plusieurs proprietés communes avec l'eau, mais il est beaucoup plus subtil & plus delié. On a conclu par des experiences, que l'air est environ 800 fois plus subtil & plus rare que l'eau ; ou bien, que si l'air devenoit 800 fois plus épais qu'il n'est actuellement, il obtiendroit la même consistance que l'eau. Or une propriété principale de l'air, parlaquelle il se distingue des autres matieres fluides, est qu'il se laisse comprimer ou réduire dans un moindre espace ; ce qu'on prouve par cette experience. On prend un tuyau de metal ou



de verre ABCD bien fermé par le bout AB, & ouvert par l'autre, où l'on fait entrer un piston, qui remplit exactement la cavité du tuyau Alors on pousse ce piston en dedans, & quand il sera parvenu jusqu'au milieu *E*, l'air qui occupoit au commencement la cavité ABCD, sera pour

 lors

lors réduit à la moitié, & ſera par conſequent deux fois plus denſe. Si l'on pouſſe le piſton encore plus loin, jusqu'au milieu *F*, entre *B* & *E*, l'air ſera réduit dans un eſpace 4 fois plus petit; & ſi l'on continuoit de pouſſer le piſton jusqu'à *G*, de ſorte que *BG* fut la moitié de *BF*, ou la huitieme partie de la longueur entiere *BD*, le même air qui étoit répandu au commencement par toute la cavité du tuyau, ſeroit alors réduit dans un eſpace huit fois plus petit. Si l'on continuoit de cette maniere à le réduire jusque dans un eſpace 800 fois plus petit, on obtiendroit un air 800 fois plus denſe ou plus épais, que l'air ordinaire. Il ſeroit donc auſſi denſe & auſſi épais que l'eau, ce qu'on eſt en état de prouver par d'autres experiences. Par-là on reconnoit, que l'air eſt une matiere fluide, qui ſe laiſſe comprimer, ce qui ſignifie la même choſe que de le réduire dans un moindre eſpace; & c'eſt à cet égard que l'air eſt une matiere tout à fait differente de l'eau. Car ſi on rempliſſoit d'eau le tuyau ABCD, & qu'on y mit le piſton, il ſeroit impoſſible de le faire entrer plus avant. Quelque force même qu'on emploiât on n'avanceroit abſolument rien, & on ſeroit plutôt crever le tuyau, que de réduire l'eau dans un eſpace tant ſoit peu plus petit. Voilà donc une difference eſſentielle entre l'air & l'eau, c'eſt que l'eau n'eſt ſuſceptible d'aucune compreſſion, au-lieu que l'air peut être comprimé autant qu'on veut. Or plus on comprime l'air, plus il devient denſe ou épais; ainſi l'air qui a occupé un certain

eſpace,

[redacted]

espace, quand il eſt réduit ou comprimé dans un eſpace deux fois plus petit, devient deux fois plus denſe: quand il eſt comprimé dans un eſpace 10 fois plus petit, il devient 10 fois plus denſe; & ainſi de ſuite. J'ai dejà remarqué, que s'il devenoit 800 fois plus denſe, il auroit la même denſité que l'eau, & ſeroit auſſi peſant, car la peſanteur croît en même raiſon que la denſité. L'or eſt le corps le plus peſant que nous connoiſſions, & partant auſſi le plus denſe. On a trouvé qu'il eſt 19 fois plus peſant que l'eau; & qu'une maſſe d'or en forme d'un cube dont la longueur, largeur & hauteur ſeroit chacune d'un pied, peſeroit 19 fois plus qu'une ſemblable maſſe d'eau; Or cette maſſe d'eau peſe 70 livres, donc la-dite maſſe d'or peſeroit 19 fois 70, c'eſt à dire 1330 livres. Donc, ſi l'on pouvoit comprimer l'air juſqu'à ce qu'il fût réduit dans un eſpace 19 fois 800, c'eſt-à dire 15200 fois plus petit, il deviendroit auſſi denſe & auſſi peſant que l'or. Mais il s'en faut beaucoup qu'on puiſſe pouſſer ſi loin la compreſſion de l'air. D'abord on peut bien faire avancer le piſton ſans peine, mais plus il eſt avancé, plus on rencontre de peine à le pouſſer plus loin; & avant qu'on puiſſe parvenir à réduire l'air à un eſpace 10 fois plus petit, il faut emploier tant de forces pour pouſſer plus loin le piſton, que le tuyau en creveroit, à moins qu'il ne ſoit très fort. Or, non ſeulement il faudroit autant de forces pour pouſſer plus loin le piſton, mais il en faudroit autant pour le maintenir, & dès qu'on le relâche-

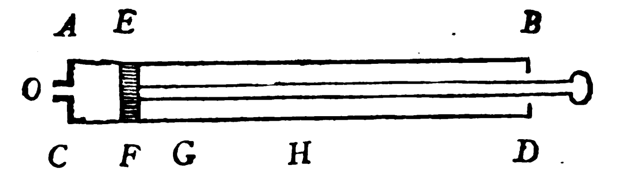
roit, l'air comprimé le repouſſeroit en arriere. Plus l'air eſt comprimé, & plus il fait d'efforts pour ſe répandre & pour ſe rétablir dans ſon état naturel. C'eſt ce qu'on nomme le reſſort ou l'élaſticité de l'air, ce dont je me propoſe d'entretenir V. A. l'ordinaire prochain.

le 10. de May 1760.

LETTRE X.

V. A. vient de voir, que l'air eſt une matiere fluide, environ 800 fois plus ſubtile que l'eau, de ſorte que ſi l'eau pouvoit être répandüe dans un eſpace autant de fois plus grand, & qu'elle devint par conſequent autant de fois plus ſubtile, elle ſeroit aſſés ſemblable à l'air que nous reſpirons; Mais l'air a une proprieté qui ne convient nullement à l'eau: c'eſt que l'air ſe laiſſe comprimer dans un eſpace plus petit, d'où il devient plus condenſé, comme j'ai eu l'honneur de le prouver l'ordinaire paſſé. Or nous découvrons dans l'air encore une autre propriété, qui n'eſt pas moins remarquable: on le peut répandre dans un plus grand eſpace, & le rendre par ce moien encore plus ſubtil. Cette operation eſt nommée la rarefaction de l'air, par laquelle il devient plus rare, ou plus rarefié. On n'a qu'à prendre, comme auparavant, un tuyau ABCD au fond duquel AC il y a un petit trou O,

afin



afin qu'en faisant entrer le piſton juſqu'à F, l'air puiſſe s'échapper par le trou, & qu'il ne devienne point condenſé. L'air qui occupe maintenant la cavité ACEF ſera donc dans ſon état naturel, & alors on bouchera bien le trou O. Enſuite on retire le piſton, & l'air ſe répandra ſucceſſivement dans un plus grand eſpace, de ſorte que lorſque le piſton aura été retiré juſqu'à G, l'eſpace CG étant le double de l'eſpace CF, le même air qui étoit contenu dans l'eſpace ACEF, remplira à preſent un eſpace deux fois plus grand: il ſera donc deux fois moins denſe, ou bien deux fois plus rare. Quand on retire le piſton juſqu'en H, de ſorte que l'eſpace CH ſoit quatre fois plus grand que CF, l'air deviendra quatre fois plus rare qu'il n'étoit au commencement, étant à préſent répandu dans un eſpace quatre fois plus grand. Et quand même on retireroit le piſton ſi loin que l'eſpace devint 1000 fois plus grand, l'air ſe répandroit toujours également par cet eſpace, & deviendroit par tout 1000 fois plus rare. C'eſt ici que l'air differe auſſi eſſentiellement de l'eau : car ſi la cavité ACEF étoit remplie d'eau, on auroit beau retirer le piſton, l'eau occuperoit toujours le même eſpace qu'au commencement, & le reſte de-

meureroit vuide. De là nous apprenons que l'air eſt doué d'une force intrinſeque de ſe répandre de plus en plus, qu'il exerce non ſeulement quand il eſt condenſé, mais auſſi quand il eſt rarefié. En quelque état de condenſation ou de rarefaction, que l'air ſe trouve, il fait des efforts pour s'étendre dans un plus grand eſpace, & il ſe répand actuellement auſſitôt qu'il ne rencontre point d'obſtacle. Cette force de ſe répandre eſt ce qu'on nomme le reſſort ou l'elaſticité de l'air, & on a trouvé par de ſemblables experiences, dont je viens de parler, que cette force eſt proportionelle à la denſité; c'eſt à dire que plus l'air eſt condenſé, plus fait il d'efforts pour s'étendre; & plus il eſt rarefié, moins il en fait. On me demandera peut-être pourquoi l'air qui ſe trouve maintenant dans ma chambre, ne s'échappe-t-il pas par la porte, attendu qu'il eſt doué d'une force de s'étendre par un plus grand eſpace? *V. A.* y répondra ſans doute, que cela arriveroit auſſi infailliblement, ſi l'air de dehors ne faiſoit des efforts auſſi grands pour s'étendre: or puiſque ces efforts avec leſquels l'air de la chambre voudroit ſortir, & celui de dehors entrer ſont égaux, ils ſe détruiſent mutuellement l'un l'autre, & l'un & l'autre air demeure en repos. Or ſi l'air du dehors eut acquis par quelques accidens une plus grande denſité, & partant auſſi une plus grande élaſticité, il en entreroit une partie dans la chambre, où l'air étant comprimé acquierreroit auſſi une plus grande élaſticité; cela durera jusqu'à ce que l'élaſticité de l'air de dedans devienne égale

à celle

à celle de dehors. De la même maniere, ſi l'air de la chambre devenoit ſubitement plus denſe, & ſon élaſticité plus grande que l'air de dehors; alors l'air de la chambre ſortiroit, & en perdant ſa denſité, il perdroit autant de ſon élaſticité, juſqu'à ce qu'il parvienne au degré de l'air de dehors: alors le mouvement ceſſeroit, & l'air de la chambre ſeroit en équilibre avec celui de dehors. Donc auſſi, dans l'air libre, l'air ne ſera tranquille q' entant qu'il a le même degré d'élaſticité aveccuelui des contrées des environs, & auſſi-tôt que l'air d'une contrée devient plus ou moins élaſtique que dans le voiſinage, l'équilibre ne ſauroit plus ſubſiſter; mais où l'elaſticité eſt plus grande, l'air s'étendra & ſe gliſſera dans les lieux où l'élaſticité eſt plus petite: & c'eſt d'un tel mouvement de l'air, que reſulte le vent. De là vient que dans le même endroit l'élaſticité de l'air eſt tantôt plus grande, tantôt plus petite, & cette variation eſt indiquée par un inſtrument qu'on nomme *baromêtre*, dont la deſcription merite une explication particuliere. Pour á preſent je me borne à cette qualité de l'air, dont il eſt condenſé, & rarefié, en remarquant que plus il eſt condenſé, plus il a de force pour s'étendre, ou bien ſon élaſticité devient plus grande; & au contraire plus on le rarefie, plus il perd de ſon élaſticité. Les Phiſiciens ont inventé une machine, par laquelle on peut tant condenſer que rarefier l'air, qu'on nomme la *machine pneumatique.* Elle ſert à faire pluſieurs experienees tout-à-fait ſurprenantes, dont la plu-

part ſeront déjà connües à *V. A.* Je me reſerve de ne parler que de quelques unes, entant qu'elles ſont neceſſaires à éclaircir & expliquer la nature & les propriétés de l'air, qui contribuant principalement à notre conſervation, & même à la production de tous nos beſoins, que la terre fournit, merite bien qu'on s'en forme une juſte idée.

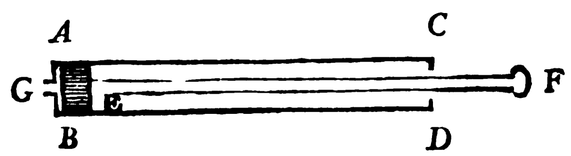
le 14 de May 1760.

LETTRE XI.

Ayant eu l'honneur de faire voir à *V. A.* que l'air eſt une matiere fluide, doüée de cette proprieté tout-à-fait ſinguliere, qu'il ſe laiſſe comprimer dans un moindre eſpace, & qu'il ſe dilate dans un plus grand, les obſtacles étant levés; deſorte que l'air eſt ſuſceptible, tant de condenſation que de rarefaction. Cette proprieté eſt compriſe dans les termes de reſſort ou d'élaſticité, qu'on attribue à l'air, puis qu'elle eſt ſemblable à celle d'un reſſort qui ſe laiſſe reſſerrer, & qui ſe debande derechef, les obſtacles étant ôtés; mais outre cela, l'air a auſſi une proprieté qui lui eſt commune avec tous les corps en general; c'eſt la gravité ou la peſanteur, par laquelle tous les corps ont un penchant de tomber en bas, & qui les fait deſcendre actuellement, lorsqu'il n'y a rien qui les ſoutienne. Les ſavans ſont fort partagés & incertains ſur la veritable cauſe de cette force, mais il eſt certain, que cette force exiſte actuellement. Nous en ſommes convaincus par l'experience journaliere. Nous en connoiſſons même

la

la quantité, & nous ſommes en état de la meſurer très exactement. Car le poids d'un corps n'eſt autre choſe, que la force qui le pouſſe en bas; & puiſqu'on peut connoître & meſurer exactement le poids de chaque corps, nous connoiſſons parfaitement l'effet de la gravité, quoique la cauſe, ou cette force inviſible qui agit ſur tous les corps pour les pouſſer en bas, nous ſoit abſolument inconnüe. Par là nous ſavons, que plus un corps contient de matiere, plus il eſt peſant. Ainſi l'or & le plomb ſont plus peſans que le bois, ou une plume, puiſqu'il renferme plus de matiere dans le même volume, ou la même étendüe. Donc parce que l'air eſt une matiere ſi ſubtile & ſi déliée, ſon poids & ſa peſanteur eſt auſſi ſi petite, qu'elle échappe communément à nos ſens; cependant il y a des experiences qui nous en convainquent indubitablement. *V. A.* a vu, qu'on peut rarefier l'air dans un vaiſſeau, ou dans un tuyau; & par le moyen de la machine pneumatique, on peut pouſſer la choſe ſi loin, que l'air en eſt tout-à-fait enlevé, & que la cavité du vaiſſeau devient tout à fait vuide. Ou bien on prend un tuyau



ABCD dans lequel on met d'abord le piſton, en ſorte qu'il touche parfaitement le fond, & qu'il

[redacted]

n'y reſte point d'air entre le fond & le piſton. Pour y mieux réuſſir, il eſt bon qu'il y ait dans le fond un petit trou G, par lequel l'air puiſſe ſortir, pendant qu'on pouſſe le piſton juſqu'au fond; & alors on bouche bien le trou par un bouchon, pour être d'autant plus ſûr qu'il n'y a point d'air caché ou comprimé entre le fond, & le piſton. Après cette préparation on retire le piſton, & puiſque l'air de dehors ne ſauroit penetrer par le tuyau, on aura un parfait vuide dans le tuyau, entre le fond & le piſton, qu'on peut rendre en tirant le piſton de plus en plus, auſſi grand qu'on voudra. Par un tel moyen on peut vuider d'air la cavité d'un vaiſſeau; & quand on peſe un tel vaiſſeau vuidé d'air ſur une bonne balance, on trouve qu'il peſe moins que s'il etoit rempli d'air; d'où l'on tire cette concluſion fort importante, que l'air contenu dans le creux d'un vaiſſeau en augmente le poids, & partant que l'air lui même a un poids. Si la cavité du vaiſſeau eſt ſi grande qu'elle peut contenir 800 livres d'eau, on trouve par ce moien, que l'air qui remplit la même cavité, peſe environ une livre; d'ou l'on conclud que l'air eſt environ 800 fois moins peſant que l'eau. Cela doit s'entendre de l'air ordinaire qui nous environne, & que nous reſpirons; car *V. A.* ſait que, par l'art, on peut comprimer l'air, en le forçant dans un moindre eſpace, & par ce moïen il acquiert d'autant plus de peſanteur. Si le vaiſſeau dont j'ai parlé ci-deſſus, qui pourroit contenir 800 livres d'eau, étoit rempli d'un air deux fois plus comprimé que l'air ordinaire, il peſeroit deux

livres

[redacted]

livres plus que s'il étoit vuide. S'il etoit rempli d'un air 800 fois plus comprimé que l'ordinaire, il peſeroit 800 livres plus que s'il étoit vuide; ou bien, il peſeroit autant que s'il étoit rempli d'eau. Puis donc que l'air eſt un corps peſant, quoique dans ſon état naturel ſa peſanteur ſoit très petite, il eſt doué d'une force de deſcendre, & par là il preſſe ou peſe ſur les corps qui ſe trouvent au-deſſous, & qui empêchent ſa deſcente. C'eſt par cette raiſon, que l'air ſuperieur peſe ſur l'inferieur, & celui-ci ſe trouve dans un état de compreſſion, par le poids de toute la maſſe d'air qui eſt au deſſus. De là vient, que l'air dans nôtre region a un certain degré de compreſſion, ou denſité, auquel il eſt réduit par le poids de l'air ſuperieur; & ſi l'air ſuperieur étoit plus ou moins peſant, notre air en deviendroit auſſi plus ou moins comprimé. C'eſt ainſi que l'air en bas ſoutient le poids de l'air ſuperieur, & partant plus nous montons en haut, ſur une tour ou montagne, plus l'air perd de ſa denſité & devient plus rare; & en montant toujours plus haut, s'il étoit poſſible, l'air ſe perdroit enfin tout-à-fait, ou deviendroit ſi ſubtil & ſi rare, qu'on ne s'en appercevroit plus. Au contraire, quand on deſcend dans une cave fort profonde, la denſité de l'air augmente de plus en plus, puiſqu'il y a une plus grande quantité d'air au deſſus. Si l'on faiſoit un trou juſqu'au centre de la terre, la denſité de l'air augmenteroit de plus en plus, juſqu'à acquerir celle de l'eau, & enfin celle de l'or.

le 17 de May 1760.

LET-

LETTRE XII.

Ayant fait voir, que l'air eſt une matiere fluide, compreſſible & peſante, je remarque que toute la terre eſt environnée de toute part d'un tel air, qu'on nomme l'atmoſphere. Auſſi eſt-il impoſſible, qu'aucune contrée de la terre ſoit dépourvüe d'air, & qu'il ne s'y trouve au deſſus rien du tout, ou qu'il y ait un vuide parfait: car l'air des regions voiſines étant comprimé par le poids de l'air du deſſus, & faiſant par conſequent des efforts continuels pour ſe dilater, ſe répandroit ſubitement par la dite contrée, & rempliroit l'eſpace vuide. Ainſi l'atmoſphère remplit tout l'eſpace autour de la terre, & partout, l'air d'en bas ſoutenant le poids de celui qui eſt audeſſus, en eſt comprimé. Or en comprimant l'air, ſon élaſticité augmente, & chaque degré de compreſſion renferme un certain dégré d'élaſticité, par lequel l'air fait des efforts pour ſe répandre. Donc l'air eſt toujours comprimé par le poids de celui qui eſt audeſſus, juſqu'à ce dégré preciſément, que ſon élaſticité devienne égale à la force qui le comprime. Alors quoique cet air ne ſoit comprimé que d'en haut, en vertu de ſon élaſticité, il fait des efforts pour ſe répandre en tous ſens, non ſeulement en bas, mais auſſi vers les côtés; c'eſt la raiſon auſſi, que l'air dans une chambre eſt auſſi comprimé que celui de dehors, ce qui a paru fort paradoxe à quelques Philoſophes. Car diſent-ils, dans une chambre, l'air qui eſt en bas, n'eſt comprimé que de l'air qui ſe trouve audeſſus dans la chambre, pendant que l'air

de

de dehors eſt comprimé par le poids de l'atmoſphere entiere, dont la hauteur eſt preſque immenſe. Mais ce doute eſt d'abord réſolu par cette propriété de l'air, qui étant comprimé, tâche de ſe relâcher en tout ſens ; & l'air de la chambre eſt d'abord réduit par l'air exterieur, au même degré de compreſſion & d'élaſticité. Ainſi, ſoit que nous nous trouvions dans une chambre, ou dehors, nous éprouvons la même compreſſion de l'air, bien entendu que ce ſoit à la même hauteur, ou à la même diſtance du centre de la terre. Car j'ai dejà remarqué qu'en montant ſur une haute tour, ou montagne, la compreſſion de l'air eſt plus petite, puiſque le poids de l'air qui eſt audeſſus, eſt alors plus petit. Pluſieurs phénomenes nous confirment indubitablement cet état de compreſſion de l'air. Quand on prend un tuyau AB fermé par le bout *A*, & que l'ayant rempli d'eau, ou d'une autre matiere fluide, on le renverſe, en ſorte que le bout ouvert B vienne en bas, il ne s'en découle rien. L'élaſticité, ou la compreſſion de l'air, qui pouſſe le fluide en B ſoutient le fluide dans le tuyau. Mais dès qu'on perce le tuyau en *A*, le fluide tombe d'abord; c'eſt que l'air agit alors auſſi d'en haut par ſa preſſion, ſur l'eau & la pouſſe en bas. D'où l'on comprend, que tant que le tuyau, eſt

fermé

[redacted]

fermé en haut, c'eſt la force de l'air externe, qui y ſoutient l'eau. Or ſi l'on met ce tuyau dans un vaiſſeau d'où l'on a tiré l'air par la machine pneumatique, auſſitôt l'eau tombe. Les Anciens, à qui cette proprieté de l'air étoit inconnue, ont dit que la nature ſoutient le fluide dans le tuyau, par la peur & même l'horreur que la nature a pour le vuide. Car, diſent ils, ſi le fluide deſcendoit, il y auroit en haut du tuyau un vuide, puiſque l'air ne trouveroit pas un paſſage pour y entrer. Auſſi, ſelon eux, c'étoit la peur du vuide, qui empêchoit le fluide de tomber en bas. Or à preſent, il eſt certain, que c'eſt la force de l'air qui ſoutient le poids du fluide dans le tuyau: & puiſque cette force a une quantité déterminée, cet effet ne ſauroit ſurpaſſer un certain terme. On a trouvé que ſi le tuyau AB étant rempli d'eau, eſt plus long que 33 pieds, l'eau n'y demeure plus ſuſpendue: mais, il s'en découle tant, qu'il n'en reſte dans le tuyau que juſquà la hauteur de 33 pieds, & au deſſus il reſte un vray vuide. Ainſi la force de l'air ne ſauroit ſoutenir l'eau dans le tuyau, qu'à la hauteur de 33 pieds: & puiſque la même force ſoutient le poids de toute l'atmoſphere, on en conclud, que l'atmoſphere peſe autant qu'une colomne d'eau de 33 pieds de hauteur. Si, au lieu d'eau, on prend du mercure qui eſt 14 fois plus peſant, la force de l'air n'eſt capable de le ſoutenir dans le tuyau qu'à la hauteur de 28 pouces environ: & ſi le tuyau eſt plus haut, le mercure y deſcend juſqu'à ce que ſa hauteur convienne à la preſſion de l'at-

[redacted]

moſphere, en laiſſant au deſſus dans le tuyau un eſpace vuide. Un tel tuyau bouché en haut & ouvert en bas, étant rempli de mercure, fournit cet inſtrument, qu'on nomme *barometre* ; & c'eſt par lá qu'on a connu, que l'atmoſphere n'eſt pas toujours également peſante. Car on connoit ſa veritable peſanteur par la hauteur du mercure dans le barometre, laquelle devenant ou plus grande ou plus petite, indique que l'air ou l'atmoſphere eſt devenue ou plus peſante ou moins peſante. C'eſt la veritable indication du barometre, & toutes les fois qu'il monte ou deſcend, c'eſt une marque certaine que le poids ou la preſſion de l'atmoſphere augmente ou diminue: & c'eſt ce que je m'étois propoſé de préſenter à V. A.

le 20 May 1760.

LETTRE XIII.

Ayant expliqué à *V. A.* cette ſinguliere proprieté de l'air, par laquelle il ſe laiſſe forcer dans un plus petit eſpace, ce qu'on nomme la condenſation de l'air, on eſt en état de rendre raiſon de pluſieurs productions tant de la nature que de l'art. Je commencerai à expliquer les fuſils à vent, ne doutant point, que cet inſtrument ne ſoit bien connu à *V. A.* La conſtruction eſt à peu près ſemblable à celle des fuſils ordinaires, mais au lieu de la poudre, on ſe ſert d'un air condenſé, pour tirer la balle. Pour entendre cette manoeuvre, il faut remarquer, que pour conden-

ſer

ſer l'air, il faut emploïer une force d'autant plus grande, que doit être plus grande la condenſation. Or l'air étant condenſé, il fait des efforts pour ſe relâcher; & ces efforts ſont préciſément égaux à la force requiſe pour le condenſer à ce point. Donc plus l'air eſt condenſé, plus auſſi eſt grand ſon effort pour ſe relâcher; & ſi l'air eſt réduit à une denſité deux fois plus grande qu'à l'ordinaire, ce qui arrive, lorsqu'on pouſſe l'air dans un eſpace deux fois plus petit, la force avec laquelle il tâche de ſe relâcher eſt égale à la preſſion d'un colomne d'eau de la hauteur de 33 pieds. Ou, *V. A.* n'a qu'à ſe repreſenter un grand tonneau de cette hauteur, rempli d'eau, & l'eau fera ſans doute de grands efforts ſur le fond: ſi l'on y faiſoit un trou, l'eau ſortiroit avec une grande force; ſi l'on vouloit boucher ce trou avec le doigt, on ſentiroit bien cette force de l'eau, & le fond du tonneau ſoutient partout une ſemblable force. Or un vaiſſeau qui contient un air deux fois plus denſe qu'à l'ordinaire, éprouvera préciſément une force égale; & à moins qu'il ne ſoit aſſez fort pour ſoutenir cette force, il en crevera. Il faut donc que les parois de ce vaiſſeau ſoient auſſi forts, que le fond du dit tonneau. Si l'air dans ce vaiſſeau étoit trois fois plus denſe qu'à l'ordinaire, ſa force ſeroit encore une fois plus grande, & la même que le fond d'un tonneau de 66 pieds de hauteur ſoutiendroit, étant rempli d'eau. *V. A.* comprendra aiſément que cette force ſera très grande; & elle croït encore ſelon la même regle,

ſi l'air

si l'air est condensé 4 fois, 5 fois ou plus, qu'à l'ordinaire. Cela posé, il y a au fond d'un fusil à vent une cavité bien fermée de toutes parts, dans laquelle on force de plus en plus l'air, pour l'y reduire à un aussi haut degré de densité que les forces qu'on emploie en sont capables, & par ce moien l'air renfermé dans cette cavité, acquerera une terrible force pour échapper ; & quand on y fait un trou, il en échappera actuellement avec cette force. Un tel trou s'y trouve effectivement, qui aboutit dans la cavité du tuyau, où l'on met la balle. Ce trou est bien bouché; mais quand on veut tirer, on fait un certain mouvement par lequel le trou s'ouvre pour un moment; & l'air échappant pousse la balle en avant avec cette grande force, avec laquelle nous la voïons sortir. Chaque fois qu'on tire, ce trou ne demeure ouvert qu'un instant, & partant il ne s'en échappe qu'une petite quantité d'air, & il en reste encore assez, pour tirer plusieurs fois. Mais chaque fois la densité de l'air, & partant aussi sa force diminüe ; ce qui est la raison que les coups suivans sont moins forts que les premiers, & que leur force se perd enfin entierement. Si le trou mentionné demeuroit plus longtems ouvert, il s'en échapperoit plus de vent, & pour la plupart inutilement; car cette force n'agit sur la balle, que tant qu'elle se trouve dans le tuyau du fusil: dès qu'elle est sortie, il est inutile que le trou soit encore ouvert. De là on comprendra aisément, que si l'on pouvoit pousser

la condenſation de l'air beaucoup plus loin, on pourroit, par des fuſils à vent, produire les mêmes effets, que par les fuſils ordinaires & les canons. En effet auſſi, l'effet de l'artillerie eſt fondé ſur le même principe. La poudre à canon n'eſt autre choſe qu'une matiere qui contient dans ſes pores un air extrêmement condenſé. C'eſt la nature même qui y a fait les mêmes operations que nous faiſons en comprimant l'air; mais la nature y a porté la condenſation à un bien plus haut dégré. Il s'agit ſeulement d'ouvrir ces petites cavités où cet air condenſé eſt renfermé, pour lui procurer la liberté d'échapper. Or celà ſe fait par le moïen du feu, qui briſe ces petites cavités, & cet air enfermé échappe ſubitement avec la plus grande force, & pouſſe les balles & les boulets d'une maniere tout-à-fait ſemblable à celle que nous avons vû dans les fuſils à vent, mais avec beaucoup plus de force. Voilà donc deux effets bien ſurprenans, qui tirent leur origine de la condenſation de l'air, avec la ſeule difference, que dans l'un, la condenſation a été executée par l'art, & dans l'autre par la nature même. Or on voit ici, comme par-tout, que les operations de la nature ſont infiniment ſuperieures à celles que l'adreſſe humaine eſt capable de produire; & par-tout nous trouvons les ſujets les plus éclatans d'admirer la puiſſance & la ſageſſe de l'auteur de la nature.

le 24 May 1760.

LETTRE XIV.

Outre les qualités de l'air, que j'ai eu l'honneur d'exposer à V. A. il en a encore une fort remarquable, qui lui est commune avec tous les corps, sans même en excepter les solides: c'est le changement que le froid & le chaud y produisent. On observe generalement que tous les corps étant chauffés deviennent plus grands. Une barre de fer, lorsqu'elle est fort chaude, est un peu plus longue & plus épaisse, que lorsqu'elle est froide. On a un instrument nommé *Pyrometre*, qui est construit en sorte, qu'il indique sensiblement les plus petits allongemens ou raccourcissemens, que souffre une barre qu'on y applique. V. A. sait que dans une montre, quelques roües marchent fort lentement, pendant que le mouvement des autres est fort rapide, quoiqu'il soit néanmoins produit par le mouvement lent des premieres. C'est ainsi que, par un espece d'horlogerie, on peut faire, que d'un changement presque insensible, il en resulte un qui soit très considerable, & c'est ce qu'on pratique dans cet instrument nommé Pyrometre, dont je viens de parler. En y posant une barre de fer ou de quelque autre matiere que ce soit, lorsqu'elle devient tant soit peu plus longue ou plus courte, il y a un indice, comme dans une montre, qui en est poussé à parcourir un espace très considerable; quand on applique sur cet instrument une barre de fer ou d'une autre matiere, & qu'on place au dessous une lampe, pour

la chauffer, l'indice eſt dabord mis en mouvement, & montre que la barre devient plus longue; & plus la chaleur augmente, plus auſſi la barre croît en longueur; mais lorſqu'on éteint la lampe & qu'on laiſſe refroidir la barre, l'indice ſe meut en ſens contraire, & marque par là que la barre redevient plus courte. Cependant ce changement eſt ſi petit, qu'on auroit bien de la peine à s'en appercevoir ſans le ſecours de cet inſtrument. On s'apperçoit pourtant auſſi de cette variation dans les horloges à pendules, qu'on nomme ſimplement des *Pendules*. Le pendule y eſt appliqué pour moderer le mouvement, de ſorte que ſi l'on allonge le pendule, l'horloge marche plus lentement, & ſi l'on raccourcit le pendule, l'horloge avance trop. Or on remarque que dans les grandes chaleurs toutes ces horloges marchent trop lentement, & dans les grand froids trop vîte, ce qui eſt une marque certaine, que le pendule devient plus long dans les chaleurs, & plus court dans les froids. Une telle variabilité, cauſée par la chaleur & le froid, a lieu dans tous les corps; mais elle differe beaucoup ſelon la nature de la matiere dont les corps ſont formés, & il y en a qui y ſont beaucoup plus ſenſibles que d'autres. Dans les corps fluides, cette variabilité eſt ſurtout fort ſenſible. Pour s'en aſſurer, on prend un tuyau de verre BC joint par le bout B à une boule creuſe A, & on le remplit de quelque liqueur que ce ſoit, par exemple, juſqu'en M. Alors quand on chauffe la boule A, la liqueur montera de

M

M vers C, & quand le froid y survient, la liqueur descend en bas vers B, d'où l'on voit très clairement, que la même liqueur occupe un plus grand espace dans la chaleur, & un plus petit dans le froid. On voit aussi que cette variation doit être plus sensible, lorsque la boule est large & le tuyau étroit; car si toute la masse de la liqueur augmente ou diminüe de sa millieme partie, cette millieme partie occupera dans le tuyau un d'autant plus grand espace, que le tuyau sera plus étroit. Un tel instrument est donc réciproquement fort propre à nous indiquer les divers degrés de chaleur & de froid; car si, dans cet instrument, la liqueur monte ou descend, c'est une marque très sûre que la chaleur augmente ou diminüe. C'est cet instrument qu'on nomme un *Thermomêtre*, qui sert à nous indiquer les changemens de la chaleur & du froid: & cet instrument est tout à fait different de celui qu'on nomme Baromêtre, qui nous indique la pesanteur de l'air, ou plutôt la force dont l'air d'ici bas est comprimé. Cet avis est d'autant plus nécessaire, que les baromêtres & thermomêtres se ressemblent ordinairement beaucoup entr'eux, étant tous les deux des tuyaux de verre remplis de mercure; mais leur construction, & les principes sur lesquels ils sont fondés, sont tout-à-fait differens. Cette même



qualités dont tous les corps s'étendent par la chaleur & se contractent par le froid, convient aussi à l'air, & cela dans un degré fort éminent. Je me propose den parler plus au long l'ordinaire prochain.

le 27. May 1760.

LETTRE XV.

La chaleur & le froid produisent sur l'air le même effet que sur tous les autres corps. Par la chaleur l'air est rarefié, & par le froid il est condensé. Or, par ce que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. une certaine quantité d'air n'est pas déterminée à occuper un certain espace, comme tous les autres corps; mais par sa nature l'air tend toujours à s'étendre d'avantage, & s'étend aussi en effet, dès qu'il ne rencontre point d'obstacle qui s'oppose à son extension ulterieure. C'est cette proprieté qu'on nomme l'élasticité de l'air. Ainsi si l'air est renfermé dans un vaisseau, il fait des efforts pour rompre le vaisseau; & cet effort est d'autant plus grand, que l'air est plus condensé dans le vaisseau: d'où l'on a tiré cette regle, que l'élasticité de l'air est proportionelle à sa densité; de sorte que si l'air est deux fois plus dense, son élasticité est aussi deux fois plus grande: & en general qu'à chaque degré de densité repond un certain degré d'élasticité. Mais maintenant il faut remarquer, que cette regle n'est vraie, qu'autant que l'air conserve le même degré de chaleur. Dès que l'air devient plus chaud;

il acquiert une plus grande force pour s'étendre, que celle qui conviendroit à ſa denſité : & le froid y produit un effet contraire en diminuant ſa force expanſive. Donc pour connoître, la vraye élaſticité d'une maſſe d'air, il ne ſuffit pas d'en ſavoir la denſité, il faut auſſi connoître le degré de chaleur qui lui convient. Pour mettre cela mieux dans ſon jour, conçevons deux chambres bien fermées de toutes parts, mais qui ayent une communication, moyennant une porte, & qu'il regne le même degré de chaleur dans les deux chambres. Il faut donc que, dans l'une & l'autre, l'air ſe trouve au même degré de denſité : car ſi l'air étoit plus denſe & par conſequent plus élaſtique dans l'une que dans l'autre, il en échapperoit une partie de celle là, pour entrer en celle-cy, juſqu'à ce que la denſité dans toutes les deux chambres devint la même. Mais à preſent ſuppoſons qu'une chambre devienne plus chaude que l'autre, l'air en y acquerant une plus grande élaſticité, ſe répandra en effet, & en entrant dans l'autre chambre, y réduira l'air dans un moindre eſpace, juſqu'à ce que l'élaſticité, dans l'une & l'autre chambre, ſoit portée au même degré. Pendant que celà arrive, il y aura un vent qui paſſe par la porte de la chambre chaude dans la froide ; & quand l'équilibre ſera rétabli, l'air ſera plus rarefié dans la chaude, & plus condenſé dans la froide ; cependant l'élaſticité de l'un & de l'autre air ſera la même. De là il eſt clair que deux maſſes d'air d'une denſité différente, peuvent avoir la même élaſticité, ſavoir

lorſque l'une eſt plus chaude que l'autre : & ſous cette circonſtance, il peut arriver que deux maſſes d'air d'un même dégré de denſité ſoïent doüées de divers degrés d'élaſticité. Ce que je viens de dire des deux chambres, peut être appliqué à deux contrées : d'où l'on comprend, que lorſqu'une contrée devient plus chaude que l'autre, l'air doit neceſſairement couler de l'une vers l'autre ; d'où reſulte un vent. Voilà donc une ſource bien feconde des vents, quoi qu'il y en ait peut-être auſſi d'autres, qui conſiſtent dans les divers degrés de chaleur qui regnent en differentes regions de la terre ; & l'on peut démontrer que tout l'air, autour de la terre, ne ſauroit être en repos, à moins que par tout, à hauteurs égales, ne ſe trouve le même degré, non ſeulement de denſité, mais auſſi de chaleur. Et s'il n'y avoit point de vent ſur toute la ſurface de la terre, on en pourroit ſûrement conclure, que l'air ſeroit auſſi par tout également denſe & chaud à égales hauteurs. Or comme cela n'arrive jamais, il faut abſolument qu'il y ait toujours des vents, au moins en quelques regions. Mais ces vents ne ſe trouvent pour la plupart que ſur la ſurface de la terre ; & plus on s'éleve à des hauteurs, moins les vents ſont violens. Sur les plus hautes montagnes, on ne remarque preſque plus de vents, & il y regne un calme perpetuel ; d'où l'on ne ſauroit douter, qu'à des hauteurs plus grandes, l'air ne demeure toujours en repos. De là il s'enſuit qu'à des regions ſi élevées, il regne par tout, ſur toute la terre, le même degré de denſité & de chaleur ; car s'il fait plus chaud dans

dans un lieu que dans un autre, l'air n'y ſauroit être en repos, mais il y auroit un vent. Donc puiſqu'il n'y a point de vent dans ces regions élevées, il faut neceſſairement, que le degré de chaleur y ſoit par tout & toujoursle même ; ce qui eſt ſans doute un paradoxe fort ſurprenant, vû les grandes variations de chaud & de froid, que nous éprouvons ici bas pendant le cours d'une année, & même d'un jour à l'autre, ſans parler des differents *Climats*, c. à. d. des chaleurs inſupportables ſous l'équateur, & des glaces effroiables ſous les poles de la terre. Cependant l'experience elle même confirme la verité de ce grand paradoxe. Sur les hautes montagnes de la Suiſſe, la neige & la glace durent également l'été & l'hyver, & ſur les *cordelieres* qui ſont de hautes montagnes au Perou en Amerique ſituées ſous l'équateur même, la neige & la glace y ſont inalterables, & il y regne un froid auſſi exceſſif que dans les regions polaires. La hauteur de ces montagnes n'eſt pas encore un Mille d'Allemagne, ou de 24000 pieds, d'où l'on peut hardiment conclure, que ſi nous pouvions voler à une hauteur de 24000 pieds au deſſus de la terre, nous y rencontrerions toujours & par tout le même dègré de froid, & même un froid très exceſſif. Nous n'y remarquerions aucune difference, ni pendant l'été ou l'hiver, ni près l'équateur ou les poles. A cette hauteur & encore plus haut l'etat de l'atmoſphere eſt par tout & toujours le même, & les variations entre le chaud & le froid n'ont lieu qu'ici bas, auprès de la ſurface

de la terre. Ce n'eſt qu'ici bas, que l'effet des rayons du ſoleil devient ſenſible. *V. A.* ſera ſans doute curieuſe d'en apprendre la raiſon, & ce ſera le ſujet auquel je m'appliquerai l'ordinaire prochain.

le 31 May 1760.

LETTRE XVI.

C'eſt un phénomene bien étrange que partout, ſur la terre, lorſqu'on monte à une très grande hauteur, comme de 24000 pieds (ſupposé que cela fût poſſible) on y éprouve le même degré de froid, pendant qu'ici bas, les variations de la chaleur ſont ſi conſiderables non ſeulement par rapport aux differents climats, mais auſſi au même endroit, ſelon les differentes ſaiſons de l'année. Cette varieté en bas eſt ſans doute cauſée par le ſoleil; & il ſemble que ſon influence devroit être la même en haut & en bas, ſurtout quand nous penſons qu'une hauteur de 24000 pieds, ou d'un Mille, n'eſt abſolument rien par rapport à la diſtance du ſoleil, qui eſt d'environ trente Millions de Milles, quoique cette hauteur ſoit fort grande à notre égard, & ſurpaſſe même les plus hauts nuages. C'eſt donc un doute fort important, qu'il faut tâcher de reſoudre. Pour cet effet, je remarque d'abord, que les rayons du ſoleil n'échauffent les corps, qu'autant que les corps ne leur accordent pas un libre paſſage à travers. *V. A.* ſait qu'on nomme ces corps *tranſparens, pellucides* & *diaphanes*, à travers deſquels nous pouvons voir les objets. Ces

corps

corps ſont le verre, le criſtal, le diamant, l'eau & pluſieurs autres liqueurs, quoique les unes ſoient plus ou moins tranſparentes que les autres. Vn tel corps tranſparent étant expoſé au ſoleil, n'en devient pas autant échauffé qu'un autre corps non tranſparent, comme du bois, du fer &c. Tels corps, qui ne ſont pas tranſparens, ſont nommés *opaques* : ainſi un verre ardent, en tranſmettant les rayons du ſoleil, brûle les corps opaques, & cependant le verre lui même n'en eſt pas échauffé. Auſſi l'eau étant expoſée au ſoleil n'en devient un peu chaude, qu'en tant qu'elle n'eſt pas parfaitement tranſparente; & quand nous voyons que l'eau vers les bords des rivieres eſt aſſez échauffée par le ſoleil, c'eſt que le fond, comme un corps opaque, eſt échauffé par les raions tranſmis par l'eau. Or un corps chaud échauffe toujours ceux qui lui ſont voiſins, & partant l'eau, dont je viens de parler, eſt échauffée par le fond. Mais ſi l'eau eſt très profonde, de ſorte que les rayons ne puiſſent pénétrer juſqu'au fond, on n'y ſent preſque point de chaleur, quoique le ſoleil y donne bien fort. Maintenant l'air eſt un corps très tranſparent, & même dans un plus haut degré que le verre ou l'eau; d'ou il s'enſuit que l'air ne ſauroit être échauffé par le ſoleil, puiſque les raions paſſent librement à travers. Toute la chaleur, que nous ſentons ſouvent dans l'air lui eſt communiquée par les corps opaques qui ont été échauffés par les raions du ſoleil, & s'il étoit poſſible d'anéantir tous ces corps, l'air ne ſouffriroit preſqu'aucun changement

gement

gement dans ſa temperature, par les raions du ſoleil; il demeureroit également froid, ſoit qu'il fût expoſé au ſoleil ou non. Cependant l'air ici bas, n'eſt pas parfaitement tranſparent; quelquefois même il eſt tellement chargé de vapeurs, qu'il perd preſque entierement ſa tranſparence, en nous préſentant un brouillard; & quand l'air, ſe trouve dans un tel état, les raïons du ſoleil y ont plus de priſe, & le peuvent échauffer immédiatement. Mais de telles vapeurs ne montent pas fort haut, & à la hauteur de 24000 pieds & au delà, l'air eſt ſi ſubtil & ſi pur, qu'il eſt parfaitement tranſparent; & partant les raions du ſoleil n'y ſauroit immediatement produire aucun effet. Cet air eſt auſſi trop éloigné des corps terreſtrers pour qu'il lui puiſſent communiquer leur chaleur; une telle communication ne ſauroit aller fort loin. De là *V. A.* comprendra aiſément, que dans les regions fort élevées au deſſus de la ſurface de la terre, les raïons du ſoleil ne ſauroient produire aucun effet, & partant il doit y regner par tout & toujours le même degré de froid, puiſque le ſoleil n'y a aucune influence, & que la chaleur des corps terreſtres ne ſauroit ſe communiquer juſque là. Il en eſt à peu près de même ſur les hautes montagnes, où il fait toujours plus froid que ſur les plaines & les vallées. La ville de Quito, au Perou, ſe trouve preſque ſous l'équateur, & à juger de ſa ſituation, la chaleur y devroit être inſupportable; cependant l'air y eſt aſſés temperé & ne differe pas beaucoup de celui de Paris. Or cette ville eſt ſituée ſur une grande hauteur au deſſus de la veritable

veritable ſurface de la terre. Quand on y va de la mer, il faut monter pendant pluſieurs jours, de ſorte que le terrein y eſt auſſi élevé que les plus hautes montagnes chés nous, quoiqu'il ſoit encore environné par des très hautes montagnes, qu'on nomme les cordelieres. A cauſe de cette dernicre circonſtance, il ſemble bien que l'air y devroit devenir auſſi chaud que ſur la ſurface de la terre, puisqu'il touche par-tout à des corps opaques, ſur leſquels tombent les raïons du ſoleil. Cette objection eſt bien forte, & il ne ſauroit y avoir d'autre raiſon, que celle que l'air à Quito étant fort élevé doit être beaucoup plus ſubtil & moins peſant que chés nous, comme le barometre y étant auſſi de quelques pouces plus bas que chès nous le prouve inconteſtablement. Or un tel air n'eſt pas ſuſceptible de tant de chaleur qu'un air plus groſſier, puiſqu'il ne peut pas contenir tant de vapeurs & d'autres particules qui voltigent ordinairement dans l'air; or nous ſavons par l'experience qu'un air fort chargé eſt beaucoup plus propre à devenir chaud. Je peux encore ajouter un autre phénomene ſemblable, qui n'eſt pas moins ſurprenant, c'eſt que dans les caves très profondes, ou encore plus bas, s'il étoit poſſible d'y parvenir, il y regne par tout & toujours le même degré de chaleur; la raiſon en eſt à peu près la même. Comme les raïons du ſoleil ne produiſent leur effet que ſur la ſurface de la terre, d'où il ſe communiquent auſſi bien en haut qu'en bas, cette communication ne pouvant pénétrer fort loin, les très grandes profondeurs

profondeurs y ſont abſolument inſenſibles, de même que les trop grandes hauteurs. J'eſpère que ce dénouement ſatisfera la curioſité de *V. A.*

le 3 Juin 1760.

LETTRE XVII.

Ayant tant parlé des raïons du ſoleil, qui contiennent la ſource de toute la chaleur & de la lumiere dont nous jouïſſons, V. A. demandera ſans doute, ce que c'eſt que les raïons du ſoleil? C'eſt ſans contredit une des plus importantes queſtions de la Phyſique, & de laquelle dépendent une infinité de Phénomenes. Tout ce qui regarde la lumiere, & ce qui nous rend viſibles les objets, eſt étroitement lié avec cette queſtion. Les anciens Philoſophes ſemblent s'être fort peu ſouciés du dénoüement de cette queſtion. La plûpart ſe ſont contentés de dire, que le ſoleil eſt doüé d'une qualité d'échauffer & d'éclairer ou de luire. Mais on a bien raiſon de demander, en quoi conſiſte cette qualité? Eſt-ce-que quelque choſe du ſoleil même ou de ſa ſubſtance, parvient juſqu'à nous? ou bien, ſe paſſeroit y quelque choſe de ſemblable à une cloche, dont le ſon parvient juſqu'à nous, ſans que la moindre partie de la cloche ſoit tranſportée à nos oreilles; comme j'ai eu l'honneur d'expoſer à *V. A.* en expliquant la propagation & la perception du ſon? Deſcartes, le premier des Philoſophes modernes, ſoutenoit ce dernier ſentiment, & ayant rempli tout l'univers d'une matiere ſubtile compoſée de petits globules, qu'il nomme le

ſecond élement, il met le ſoleil dans une agitation perpetuelle qui frappe ſans ceſſe ces globules, & que ceux-ci communiquent leurs mouvemens dans un inſtant par tout l'univers. Mais depuis qu'on a découvert, que les raïons du ſoleil ne parviennent pas dans un inſtant juſqu'à nous, mais qu'il leur faut un tems d'environ 8 minutes pour parcourir cette grande diſtance, le ſentiment de Deſcartes a été abandonné, ſans parler d'autres grands inconveniens qui l'accompagnent. Enſuite le grand *Neuton* a embraſſé le premier ſentiment, & a ſoutenu que les raïons du ſoleil ſortent réellement du corps du ſoleil, & que des particules extrêmement ſubtiles en ſont lancées & dardées avec cette vîteſſe inconcevable, dont elles ſont portées du ſoleil juſqu'à nous en 8 minutes environ. Ce ſentiment qui eſt celui de la plûpart des Philoſophes d'aujourd-hui, & ſur tout des Anglois, eſt nommé le *ſyſtême de l'émanation*, puiſqu'on croit que les raïons émanent actuellement du ſoleil, & auſſi des autres corps lumineux, tout comme l'eau émane ou ſaute d'un fontaine. Ce ſentiment paroit d'abord fort hardi & choquant la raiſon; car ſi le ſoleil jettoit continuellement, & en tout ſens, de tels fleuves de matiere lumineuſe, avec une ſi prodigieuſe vîteſſe; il ſemble que la matiere du ſoleil en devroit être bientot épuiſée; ou du moins, il faudroit qu'on y remarquât, depuis tant de ſiecles, quelque diminution, ce qui eſt pourtant contraire aux obſervations. Certainement une fontaine qui jetteroit en tout ſens des traits d'eau, ſeroit

feroit d'autant plutot épuifée, que la viteffe en feroit grande, & partant la prodigieufe viteffe des raïons devroit biêntôt épuifer le corps du foleil. On a beau fuppofer les particules, dont les raions font formés, auffi fubtiles qu'on voudra, on ne gagnera rien : le fyftème demeure tôujours également révoltant. On ne peut pas dire, que cette émanation ne fe faffe pas tout autour & en tout fens, car en quelque endroit qu'on foit placé, on voit le foleil tout entier, ce qui prouve incontestablement, que vers cet endroit font lancés des raïons de tous les points du foleil. Le cas eft donc bien different de celui d'une fontaine qui jetteroit même des traîts d'eau en tout fens. Ici ce n'eft que d'un feul endroit d'où le traît fort vers une certaine contrée, & chaque point ne lanceroit qu'un feul traît ; mais pour le foleil, chaque point de fa furface lance une infinité de traits qui fe répandent en tout fens. Cette feule circonftance augmente infiniment la dépenfe de matiere lumineufe, que le foleil devroit faire. Mais il y a encore un autre inconvenient, qui ne paroît pas plus petit, qui eft, que non feulement le foleil jette des raïons, mais auffi toutes les étoiles : donc puifque par-tout il y auroit des raïons du foleil & des étoiles qui fe rencontreroient mutuellement, avec quelle impetuofité devroient-ils fe choquer les uns les autres ? Et combien leur direction en devroit elle être changée ? Vne femblable croifée devroit arriver en tous les corps lumineux qu'on voit à la fois, cependant chacun paroit diftinctement, fans fouffrir le moindre

dre derangement des autres ; & c'eſt une preuve bien certaine, que pluſieurs raïons peuvent paſſer par le même point, ſans ſe troubler les uns les autres, ce qui ſemble inconciliable avec le ſyſtême de l'émanation. En effet on n'a qu'à faire en ſorte que deux jets d'eau ſe rencontrent, & on verra d'abord qu'ils ſe troubleront terriblement dans leur mouvement ; d'où l'on voit que le mouvement des raïons de lumiere eſt très eſſentiellement different de celui des jets d'eau, & en general de toutes les matieres qui ſeroient lancées. Enſuite en conſiderant les corps tranſparens, par leſquels les raïons paſſent librement & en tout ſens, les partiſans de ce ſentiment ſont obligés de dire, que ces corps renferment des pores diſpoſés en lignes droites, qui paſſent de chaque point de ſa ſurface en tout ſens, puiſqu'on ne ſauroit concevoir aucune ligne, par laquelle ne puiſſe paſſer un raïon du ſoleil, & cela avec cette inconcevable vîteſſe, & même ſans heurter. Voilà des corps bien criblés, qui cependant nous paroiſſent bien ſolides. Enfin, pour voir, il faut que les raïons entrent dans nos yeux, & qu'ils en traverſent la ſubſtance avec la même vîteſſe. Je crois que tous ces inconveniens convainqueront *V. A.* ſuffiſamment, que ce ſyſtême de l'émanation ne ſauroit en aucune maniere avoir lieu dans la nature, & *V. A.* ſera ſans doute bien étonnée que ce même ſyſtême ait été imaginé par un ſi grand homme, & embraſſé par tant de Philoſophes éclairés. Mais Ciceron a dejà fait la remarque, qu'on ne ſau-

 roit

roit imaginer rien de ſi abſurde, que les Philoſophes ne ſoient capables de ſoutenir. Pour moi je ſuis trop peu Philoſophe pour embraſſer ce ſentiment.

le 7 de Juin 1760.

LETTRE XVIII.

Quelqu'étrange que puiſſe paroître à *V. A.* le ſentiment du grand Newton, que les Raïons proviennent du ſoleil par une émanation actuelle, il a pourtant trouvé une approbation ſi génerale, que preſque perſonne n'en oſoit douter. Ce qui y a contribué le plus, c'eſt ſans doute la grande autorité de cet éminent Philoſophe Anglois, qui a le premier découvert les veritables loix des mouvemens des corps céleſtes. Or cette même découverte l'a porté au ſyſtème de l'émanation. Deſcartes, pour ſoutenir ſon explication, fut obligé de remplir tout l'eſpace du ciel d'une matiere ſubtile, à travers de laquelle tous les corps céleſtes ſe meuvent tout-à-fait librement. Mais on ſait que ſi un corps ſe meut par l'air, il rencontre une certaine réſiſtance: & de là Newton a conclu, que quelque ſubtile qu'on ſuppoſe la matiere du ciel, les planetes y devroient éprouver quelque réſiſtance dans leur mouvement. Mais, dit il, ce mouvement n'eſt aſſujetti à aucune réſiſtance; d'où il s'enſuit que l'eſpace immenſe des cieux ne contient aucune matiere. Il y regne donc par tout un vuide parfait; & c'eſt un des principaux dogmes de la Philoſophie Newto-

Newtonienne, que l'immenſité de l'univers ne renferme point du tout de matiere, dans les eſpaces qui ſe trouvent entre les corps céleſtes. Celà poſé, il y aura depuis le ſoleil jusqu'à nous, ou du moins juſqu'à l'atmoſphère de la terre, un vuide parfait: & en effet, plus nous montons en haut, plus nous trouvons l'air ſubtil, d'où il ſemble qu'il ſe doit enfin perdre tout-à-fait. Or ſi l'eſpace entre le ſoleil & la terre eſt abſolument vuide, il eſt impoſſible que les raïons viennent juſqu'à nous par voïe de communication, comme le ſon d'une cloche nous eſt communiqué par le moïen de l'air; de ſorte que ſi l'air, depuis la cloche juſqu'à nous, étoit anéanti, nous n'entendrions abſolument rien, avec quelque force qu'on frappât la cloche. Ayant donc établi un vuide parfait entre les corps céleſtes, il ne reſte plus d'autre ſentiment à embraſſer, que celui de l'émanation: & cette raiſon a obligé Newton de ſoutenir que le ſoleil, & ſemblablement auſſi tous les corps lumineux, lancent les raïons actuellement; & que les raïons ſont toujours une partie réelle du corps lumineux, qui eſt chaſſée avec une force terrible. Il faudroit bien que cette force fut terrible, pour imprimer aux raïons cette vîteſſe inconcevable dont ils viennent du ſoleil juſqu'à nous en 8 minutes de tems. Mais voïons maintenant ſi cette explication peut ſubſiſter avec la principale vûe de Newton, qui exige un eſpace abſolument vuide dans les cieux, afin que les Planetes ne rencontrent aucune réſiſtance. *V. A.* jugera aiſément que les eſpaces du ciel, au lieu de

de reſter vuides, ſeront remplis des raïons, non ſeulement du ſoleil, mais encore de toutes les autres étoiles qui les traverſent de toute part & en tout ſens, continuellement, & cela avec la plus grande rapidité. Donc les corps céleſtes, qui traverſent ces eſpaces, au lieu d'y rencontrer un vuide, y trouveront la matiere des raïons lumineux dans la plus terrible agitation, par laquelle les corps doivent être beaucoup plus troublés dans leur mouvement, que ſi cette même matiere y étoit en repos. Donc Newton ayant eu peur qu'une matiere ſubtile, telle que Deſcartes la ſuppoſoit, ne troublât le mouvement des planetes, fût conduit à un expedient bien étrange, & tout-à-fait contraire à ſa propre intention; vû que, par ce moïen, les planetes devroient eſſuier un derangement infiniment plus conſiderable. Voilà un exemple bien triſte de la ſageſſe humaine, qui voulant éviter un certain inconvenient, tombe ſouvent en de plus grandes abſurdités. J'ai déjà eu l'honneur d'expoſer à *V. A.* tant d'autres difficultés inſurmontables, dont le ſyſtême de l'émanation eſt rempli; & maintenant nous voïons, que la principale & même l'unique raiſon, qui a engagé Newton à ce ſentiment, eſt ſi contradictoire en elle même, qu'elle le renverſe tout à fait. Toutes ces raiſons priſes enſemble ne nous ſauroient laiſſer balancer un moment d'abandonner cet étrange ſyſtème de l'émanation de la lumiere; quelque grande que puiſſe être l'autorité du Philoſophe qui l'a établi. Newton à été ſans contredit un des

plus

plus grands génies qui ait jamais exiſté ; & ſa profonde ſcience & ſa pénétration dans les myſteres les plus cachés de la nature, demeurera toujours le plus éclatant ſujet de notre admiration & de celle de notre poſterité ; mais les égaremens de ce grand homme doivent ſervir à nous humilier, & à reconnoitre la foibleſſe de l'eſprit humain, qui s'etant élevé au plus haut degré dont les hommes ſoient capables, riſque néanmoins ſouvent de ſe précipiter dans les erreurs les plus groſſières. Si nous ſommes aſſujettis à des chûtes ſi triſtes dans nos recherches ſur les Phénomenes de ce monde viſible, qui frappe nos ſens ; combien ſerions nous malheureux, ſi Dieu nous avoit abandonnés à nous mêmes à l'égard des choſes inviſibles & qui regardent notre ſalut éternel ; ſur cet important article une révélation nous a été abſolument neceſſaire : nous devons en profiter avec la plus grande vénération ; & lorſqu'elle nous préſente des choſes qui nous paroiſſent inconcevables, nous n'avons qu'à nous ſouvenir de notre foibleſſe d'eſprit, qui s'égare ſi aiſément même dans les choſes viſibles. Toutes les fois que je vois de ces Eſprits forts, qui critiquent les verités de notre religion, & s'en moequent même avec la plus impertinente ſuffiſance, je penſe : Chetifs mortels, combien & combien de choſes ſur leſquels vous raiſonnez ſi légerement, ſont-elles plus ſublimes & plus elevées que celles ſur leſquelles le grand Newton s'égare ſi groſſierement. Je ſouhaiterois que *V. A.* n'oubliât ja-

E 3 mais

mais cette réflexion; les occasions n'arrivent ici que trop souvent, où l'on en a bien besoin.

le 10 de Juin 1760.

LETTRE XIX.

V. A. vient de voir, que le systême de l'émanation des raïons, est assujetti à des difficultés invincibles, & que le sentiment d'un vuide qu'occuperoit tout l'espace entre les corps célestes, ne sauroit avoir lieu en aucune façon, puisque les raïons de lumiere même le rempliroient tout-à-fait. On est donc obligé de convenir de deux choses; l'une que les espaces entre les corps célestes sont remplis d'une matiere subtile, & l'autre que les raïons ne sont pas une émanation actuelle du soleil & des autres corps lumineux, par laquelle une partie de leur substance en soit élancée, comme Newton a prétendu. Cette matiere subtile, qui remplit tous les espaces des cieux entre les corps célestes, est nommée *l'Ether*, dont l'extrême subtilité ne sauroit être révoquée en doute. Pour nous en former une idée, nous n'avons qu'à considerer l'air, qui étant une matiere fort subtile ici bas, le devient de plus en plus en montant en haut; & enfin il se perd pour ainsi dire entierement, ou bien il va se confondre avec l'Ether. L'éther est donc aussi une matiere fluide comme l'air, mais incomparablement plus subtile & plus deliée, puisque nous savons que les corps célestes le traversent librement, sans y rencontrer quelque resistan-

ce ſenſible. Il a ſans doute auſſi une élaſticité, par laquelle il tend à ſe répandre en tout ſens, & à pénetrer dans les eſpaces qui pourroient être vuides; de ſorte que ſi par quelque accident l'éther étoit chaſſé de quelque endroit, l'éther voiſin s'y précipiteroit dans un inſtant, & l'endroit en ſeroit rempli de nouveau. En vertu de cette élaſticité l'éther ne ſe trouve pas ſeulement en haut, audeſſus de notre atmoſphere, mais il la penetre par tout, & s'inſinue auſſi dans les pores de tous les corps ici bas, de ſorte qu'il traverſe ces pores aſſez librement. Ainſi ſi par le moïen de la Machine pneumatique on pompe l'air d'un vaiſſeau, il ne faut pas croire qu'il y ait alors un vuide; c'eſt l'éther, qui en paſſant par les pores du vaiſſeau, le remplit dans un inſtant; & quand on remplit de vif argent un tuyau de verre aſſez long, & qu'on le tourne pour faire un barometre, on croit voir audeſſus du vif argent un vuide où il n'y a point d'air, puiſque l'air ne ſauroit paſſer par le verre; mais ce vuide, qui ne l'eſt qu'en apparence, eſt certainement rempli d'éther qui y entre ſans difficulté. C'eſt par cette ſubtilité & cette élaſticité de l'éther, que j'aurai un jour l'honneur d'expliquer à *V. A.* tous les Phénomènes ſurprenans de l'Electricité. Il eſt même très vraiſemblable que l'éther ait une élaſticité beaucoup plus grande que l'air, & que quantité d'effets dans la nature ſont produits par cette force. Je ne doute pas même, que la compreſſion de l'air dans la poudre à canon, ne ſoit un ouvrage de la force de l'élaſticité de l'éther; & puiſque nous ſavons par

l'experience, que l'air y eſt preſque mille fois plus condenſé qu'à l'ordinaire, & que, dans cet état, ſon élaſticité eſt auſſi autant de fois plus grande, il faut que l'élaſticité de l'éther ſoit auſſi grande, & par conſequent mille fois plus grande que celle de l'air ordinaire. Nous aurons donc une aſſez juſte idée de l'éther, en le regardant comme une matiere fluide aſſez ſemblable à l'air, avec cette difference, que l'éther eſt incomparablement plus ſubtil que l'air, & en même tems pluſieurs fois plus élaſtique.

Ayant donc vû auparavant, que l'air, par ces mêmes qualités, devient propre à recevoir les agitations ou ébranlemens des corps ſonores, & de les répandre en tout ſens, en quoi conſiſte la propagation du ſon, il eſt très naturel que l'éther puiſſe auſſi, ſous des circonſtances ſemblables, recevoir des ébranlemens & les continüer en tous ſens à de plus grandes diſtances. Comme les ébranlemens dans l'air nous fourniſſent *le ſon*; qu'eſt ce que nous pourroient bien fournir les ébranlemens de l'éther? je crois que *V. A.* le devinera aiſément; c'eſt la lumiere ou les raïons. Ainſi il paroit très certain que la lumiere eſt à l'égard de l'éther la même choſe que le ſon à l'égard de l'air; & que les raïons de lumiere ne font autre choſe que des ébranlemens ou vibrations tranſmiſes par l'éther, tout comme le ſon conſiſte en des ébranlemens ou vibrations tranſmiſes par l'air. Il n'y a donc rien qui vienne actuellement du ſoleil juſqu'à nous

nous, auſſi peu que d'une cloche lorſque ſon bruit parvient à nos oreilles. Dans ce ſyſtème il n'y a point de danger que le ſoleil, en luiſant, perde la moindre choſe de ſa ſubſtance, non plus qu'une cloche en ſonnant. Ce que j'ai dit du ſoleil, ſe doit auſſi entendre de tous les corps luiſans, comme du feu d'une bougie, d'une chandelle &c. *V. A.* m'objectera ſans doute, que ces lumieres terreſtres ne ſe conſument que trop évidemment, & qu'à moins qu'elles ne ſoient entretenues & nourries ſans ceſſe, leur lumiere eſt bientôt éteinte, d'où il ſemble que le ſoleil devroit ſe conſumer également, & que le parallelle d'une cloche eſt fort mal emploié. Mais il faut bien conſiderer que ces feux, outre qu'ils luiſent, jettent de la fumée & quantité d'exhalaiſons, qu'il faut bien diſtinguer des raïons de lumiere qui éclairent. Or la fumée & les exhalaiſons y cauſent ſans doute une perte conſiderable, qu'il ne faut pas attribuer aux raïons de la lumiere; ſi on les pouvoit delivrer de la fumée & des autres exhalaiſons, la ſeule qualité de luire ne cauſeroit aucune perte. On peut rendre le mercure luiſant par un certain artifice, comme *V. A.* ſe ſouviendra bien de l'avoir vû; & par cette lumiere le mercure ne perd abſolument rien de ſa ſubſtance, d'où l'on voit que la ſeule lumiere ne cauſe aucune perte dans les corps luiſans. Ainſi quoi que le ſoleil éclaire tout le monde par ſes raïons, il n'en perd rien de ſa propre ſubſtance; toute ſa lumiere n'étant cauſée que par une certaine agitation, ou un ébranlement extrêmement vif dans ſes

moindres particules, qui se communique à l'éther voisin, & est transmis de là en tout sens par l'éther jusques aux plus grandes distances, de même qu'une cloche ébranlée communique à l'air une semblable agitation. Plus on considere ce parallelle entre les corps sonores & luisans, & plus on le trouvera conforme & d'accord avec l'experience; au lieu que le système de l'émanation révolte d'autant plus qu'on en veut faire l'application aux phénomenes.

le 14 Juin 1760.

LETTRE XX.

Pour ce qui régarde la propagation de la lumiere par l'éther, elle se fait d'une maniere semblable à la propagation du son par l'air: & comme un ébranlement causé dans les particules de l'air constitue le son, de même un ébranlement causé dans les particules de l'éther constitue la lumiere ou les raïons de lumiere, de sorte que *la lumiere n'est autre chose, qu'une agitation ou ébranlement causé dans les particules de l'éther,* qui se trouve par tout, à cause de l'extrème subtilité avec laquelle il pénetre tous les corps. Cependant ces corps modifient en differentes manieres les raïons, selon qu'ils transmettent ou arrêtent la propagation des ébranlemens. C'est ce dont je parlerai plus amplement dans la suite; maintenant je me borne à la propagation des raïons dans l'éther même, qui remplit les immenses espaces entre

tre le ſoleil & nous, & en géneral entre tous les corps céleſtes. C'eſt là, où la propagation ſe fait tout-à-fait librement. La premiere choſe qui ſe préſente ici à notre eſprit, c'eſt la prodigieuſe vîteſſe des raïons de la lumiere, qui eſt environ 900000 fois plus rapide que la vîteſſe du ſon, qui parcourt pourtant chaque ſeconde un chemin de 1000 pieds. Cette terrible vîteſſe ſuffiroit dejà à renverſer le ſyſtème de l'émanation; mais dans ce ſyſtême-ci elle eſt une ſuite naturelle de nos principes, ce que *V. A.* verra avec une pleine ſatiſfaction. Ce ſont les mêmes principes ſur leſquels eſt fondée la propagation du ſon par l'air, laquelle dépend d'un côté de la denſité de l'air, & de l'autre de ſon élaſticité. Or cette dépendance nous donne à connoître, que ſi la denſité de l'air devenoit plus petite, le ſon en ſeroit acceleré, & ſi l'elaſticité de l'air devenoit plus grande, le ſon ſeroit auſſi acceleré. Donc ſi à la fois la denſité de l'air devenoit plus petite & ſon élaſticité plus grande, il y auroit une double raiſon pour augmenter la vîteſſe du ſon. Concevons donc que la denſité de l'air ſoit diminuée au point qu'elle devienne égale à la denſité de l'éther, & que l'elaſticité de l'air ſoit augmentée au point qu'elle devienne auſſi égale à l'élaſticité de l'éther, & nous ne ſerons plus ſurpris, que la vîteſſe du ſon devienne pluſieurs mille fois plus grande, qu'elle n'eſt effectivement. Car *V. A.* ſe ſouviendra, que ſelon les premieres idées que nous nous ſommes formées de l'éther, cette matiere doit abſolument être incomparablement moins

denſe

denſe ou plus rare que l'air, & en même tems auſſi incomparablement plus élaſtique; or, de ces deux qualités, l'une & l'autre contribue également à accelerer la vîteſſe des ébranlemens. Maintenant donc, tant s'en faut que la prodigieuſe vîteſſe de la lumiere ait quelque choſe de choquant. elle eſt plutôt parfaitement bien d'accord avec nos principes, & le parallelle entre la lumiere & le ſon eſt à cet égard ſi bien établi, que nous pouvons ſoutenir hardiment, que ſi l'air devenoit ſi ſubtil & en même tems auſſi élaſtique que l'éther, la vîteſſe du ſon deviendroit auſſi rapide que celle de la lumiere. Donc ſi l'on demande pourquoi la lumiere ſe meut avec une vîteſſe ſi prodigieuſe, nous répondrons, que la raiſon eſt l'extrême ſubtilité de l'éther, jointe à ſa ſurprenante élaſticité; & que tant que l'éther conſerve ce même dégré de ſubtilité & d'elaſticité, il eſt néceſſaire que la lumiere paſſe auſſi avec le même dégré de vîteſſe. Or on ne ſauroit douter que l'éther n'ait par tout l'eſpace de l'univers la même ſubtilité & la même elaſticité; car ſi l'éther étoit plus élaſtique dans un endroit que dans un autre, il s'y porteroit, en ſe repandant d'avantage, juſqu'à ce que l'équilibre fût entierement rétabli. Donc les raïons des étoiles ſe meuvent auſſi vîte que ceux du ſoleil; mais puiſque les étoiles ſont beaucoup plus éloignées de nous que le ſoleil, il leur faut d'autant plus de tems avant que les raïons en viennent juſqu'à nous. Quelque prodigieuſe que nous paroiſſe la diſtance du ſoleil, dont les raïons nous parviennent cependant en 8 minutes de tems,

celle

celle des étoiles fixes, qui nous eſt la plus proche eſt pourtant plus de 400000 fois plus éloignée de nous que le ſoleil. Donc un raïon de lumiere, qui part de cette étoile, emploïera un tems de 400000 fois 8 minutes avant que de parvenir jusqu'à nous; ce tems fait 53333 heures, ou 2222 jours, ou environ ſix ans. Donc en voïant de nuit une étoile fixe, & même la plus brillante; puiſque celle-cy eſt probablement la plus proche, les raïons qui entrent dans les yeux de *V A* pour y repreſenter cette étoile, il y a deja ſix ans qu'ils ſont partis de l'étoile, ayant emploïé un ſi long tems pour parvenir juſqu à nous. Et s'il plaiſoit à Dieu de créer à préſent à la même diſtance une nouvelle étoile fixe, nous ne la verrions qu'après ſix ans paſſés, puiſque ſes raïons ne ſauroïent arriver plutôt juſqu'à nous. Et ſi au commencement du monde les étoiles avoient été créés à peu près en même tems qu'Adam, il n'auroit pû les voir qu'au bout de 6 ans, & même celles qui ſont les plus proches; car pour les plus éloignées, il lui auroit fallu attendre d'autant plus de tems, avant que de les découvrir. Donc ſi Dieu avoit créé en même tems des étoiles encore mille fois plus éloignées, nous ne les verrïons pas encore, quelque brillantes qu'elles puiſſent être, puiſqu'il ne s'eſt pas encore écoulé 6000 ans depuis la création. Le premier prédicateur de la Cour de Brunſwig, Mr. Jeruſalem a parfaitement bien emploié cette penſée dans un de ſes ſermons, où ſe trouve le paſſage ſuivant:

Steiget mit euren Gedancken von dieser Erde, durch alle die Weltkörper, die über euch sind, und gehet von den entferntesten, die eure Augen entdecken können, bis zu denjenigen hinauf, deren Licht vielleicht von dem Anfange ihrer Schöpfung an, noch bis jetzt nicht zu uns herunter gekommen ist! Die Unermeßlichkeit des göttlichen Reichs leidet diese Vorstellung. (aus der Predigt von dem Himmel und der ewigen Seeligkeit.)

Elevés vos pensées depuis cette terre que vous habités, jusqu'à tous les corps du monde qui sont au dessus de vous; parcourés l'espace qu'il y a depuis les plus éloignés que vos yeux puissent découvrir, jusqu'à ceux dont la lumiere, peut-être depuis le commencement de leur création jusqu'à présent, n'est pas encore parvenüe jusqu'à nous. L'immensité du Royaume de Dieu permet cette peinture (Du Sermon sur le Ciel & la béatitude éternelle)

Je suis bien sûr que *V. A.* sera plus edifiée de ce passage, que tout l'auditoire de Mr. Jerusalem, auquel cette sublime pensée aura été inconcevable, & j'espere que cette réflexion fera naître à *V. A.* la curiosité d'être instruite sur le reste de ce qui regarde le veritable systême de la lumiere, d'où découle la Théorie des couleurs & de toute la vision.

le 17 Juin 1760.

[redacted]

LETTRE XXI.

Ce que j'ai eu l'honneur de dire à *V. A.* sur le tems que les raïons des étoiles mettent à parvenir jusqu'à nous, est en effet très propre à nous donner une idée de l'étendüe & de la grandeur du monde. La vîtesse du son qui parcourt chaque seconde un espace de 1000 pieds, nous fournit presque la premiere mesure; & cette vîtesse est environ 200 fois plus rapide que celle d'un homme qui marche assez bien. Or la vîtesse des raïons de lumiere est encore 900000 fois plus grande que celle du son, ou bien ses raïons parcourent chaque seconde un chemin de 900 millions de pieds ou de 37500 Milles d'Allemagne; quelle prodigieuse vîtesse! Cependant celle des étoiles fixes qui nous est la plus proche, est si éloignée de nous, que ses raïons, malgré cette prodigieuse vîtesse, emploient 6 ans avant que d'arriver jusqu'à nous; & s'il étoit possible qu'un grand bruit, comme celui d'un coup de canon, excité dans cette étoile, puisse être transmis jusqu'à nous, il s'ecouleroit un tems de 5400000 années, avant que nous nous apperçussions de ce son. Cela ne regarde que les étoiles les plus brillantes, qui nous sont probablement les plus proches; & il est très vraisemblable que les plus petites étoiles, sont encore dix fois & d'avantage plus éloignées de nous. Il faudra donc bien un siecle entier, avant que les raïons de ces étoiles parviennent jusqu'à nous: quelle prodigieuse distance qui ne sauroit être parcourue que dans un tems de

100

100 ans, par une vîtesse qui acheve chaque seconde un chemin de 37500 Miles d'Allemagne! Donc si à présent une telle étoile étoit anéantie, ou seulement éclipsée, nous ne laisserions pas de la voir encore pendant 100 ans de suite, puisque les derniers raïons, qui en seroient sortis, n'arriveroient jusqu'à nous qu'au bout de ce tems. On se forme ordinairement des idées trop petites & trop bornées de ce monde, & ces esprits qui se croient si forts, regardent ce monde comme un ouvrage de fort peu d'importance, qu'un pur hazard auroit pû produire, & qui mérite à peine leur attention. Or *V. A.* conviendra, que ces mêmes esprits, quelques forts qu'ils se croïent, sont des esprits fort bornés, & *V. A.* sera plutôt vivement pénetrée du plus profond respect envers ce grand souverain, dont la puissance s'étend dans un espace si immense, où tout ce qui s'y trouve est soumis à son pouvoir absolu. Mais quelle doit être notre admiration, quand nous considerons que tous ces corps immenses qui se trouvent dans le monde, sont arrangés selon la plus grande sagesse, de sorte que plus nous avançons dans la connoissance de ce monde, quoiqu'elle soit toujours infiniment imparfaite, plus nous y découvrons de sujets d'en admirer l'ordre & les perfections! Et à l'égard de tous ces ouvrages, où même notre admiration se perd entierement, qu'est ce que c'est que le globe terrestre que nous habitons? un vrai rien; & pourtant nous éprouvons tous les jours les plus éclatantes marques d'une providence toute particuliere du Grand Maî-

tre

tre de l'univers à notre égard. Mais l'éloquence me manque pour repreſenter ces choſes dans toute leur grandeur, & *V. A.* y ſupléera par les réflexions qu'elle voudra bien faire Elle même ſur tous ces importans objets. Je retourne à ces grands corps luiſans, & en particulier au Soleil, qui eſt la principale ſource de la lumiere & de la chaleur dont nous jouïſſons ici bas ſur la terre. D'abord on demande en quoi conſiſte la lumiere que le ſoleil répand continuellement par tout l'univers, ſans ſouffrir jamais la moindre diminution? La réponſe ne ſauroit plus être difficile dans le ſyſtême de la lumiere que je viens d'établir, pendant que le ſyſtême de l'émanation n'y ſauroit ſatisfaire en aucune maniere. Tout l'univers étant rempli de cette matiere fluide extrêmement ſubtile & élaſtique, qu'on nomme l'éther, il faut ſuppoſer dans toutes les parties du ſoleil une agitation continuelle, par laquelle chaque particule ſe trouve dans un ébranlement & mouvement de vibration perpetuel, qui ſe communiquant à l'éther voiſin, y excite une agitation ſemblable, qui eſt tranſmiſe enſuite de plus en plus loin, en tout ſens, avec cette rapidité dont je viens de parler ſi amplement. Donc pour ſoutenir le parallelle entre le ſon & la lumiere, le ſoleil ſeroit ſemblable à une cloche qui ſonneroit ſans ceſſe: il faut donc que les particules du ſoleil ſoient entretenues perpetuellement dans cette agitation, qui produit dans l'éther ce que nous nommons, raïons de lumiere. Or c'eſt encore une difficulté d'expliquer, par quelle force eſt entretenüe

tretenüe cette agitation perpetuelle dans les pa1 ticules du ſoleil? puiſque nous ſavons qu'un chandelle allumée ne brûle pas longtems, & qu'elle s'éteint bientôt, à moins qu'elle ne ſoi nourrie par des matieres combuſtibles. Mais o peut remarquer d'abord, que le ſoleil étant un maſſe pluſieurs milliers de fois plus grande qu toute la terre; s'il eſt une fois bien enflammé la flamme pourroit bien durer pendant pluſieur ſiecles, avant que de ſouffrir quelque diminution mais outre cela, le ſoleil n'eſt pas dans le cas d nos feux & de nos chandelles, où une bonn partie de leur ſubſtance s'en va par la fumée & l'exhalaiſon, d'où reſulte une perte tres réelle au lieu que dans le Soleil, quoique peut-êtr quelque choſe en ſoit chaſſé en forme de fumée celà ne s'en éloigne pas beaucoup, & retourn bientôt dans la maſſe du ſoleil; de ſorte qu'un perte réelle, qui cauſeroit une diminution dan la ſubſtance du ſoleil, n'y ſauroit avoir lieu. L ſeule choſe que nous ignorons encore ſur cet ar ticle, eſt la force qui entretient conſtamment tou tes les particules du ſoleil dans cette agitation or celà n'a rien du tout qui choque le bon ſens & comme nous ſommes bien obligés d'avoüer notr ignorance à l'égard de pluſieurs autres choſes qui nous ſont beaucoup plus proches que le ſo leil; nous devons être contens, pourvu que no idées ne renferment rien de révoltant.

le 21 Juin 1760

LET

[redacted]

LETTRE XXII.

Le soleil étant un corps luisant, dont les rayons sont répandus tout autour & en tout sens, *V. A.* ne sera plus indécise sur la cause de ce merveilleux phénomene, laquelle consiste dans un ébranlement ou vibration, dont toutes les particules du soleil sont agitées. Le parallelle d'une cloche est fort propre à nous éclaircir sur cet article. Mais il est très naturel que les vibrations, qui causent la lumiere, soient beaucoup plus vives & plus rapides que celles qui causent le son; puisque l'éther est incomparablement plus subtil que l'air. Comme une agitation foible n'est pas capable d'ébranler l'air pour y produire un son, de même les agitations d'une cloche & de tous les autres corps, qui rendent un son, sont trop foibles à l'égard de l'éther, pour y produire cet ébranlement qui constitue la lumiere. *V. A.* se souviendra que pour exciter un son sensible, il faut qu'il se fasse dans une seconde plus de 30 & moins de 3000 vibrations; l'air étant trop subtil pour que moins que 30 vibrations y puissent produire un effet sensible; mais de l'autre coté il est trop grossier pour recevoir plus de 3000 vibrations. Un son si haut se perdroit enfin tout-à-fait. Or il en est de même de l'éther; & trois milles vibrations rendûes dans une seconde sont un objet trop grossier pour l'éther; il faut des vibrations beaucoup plus fréquentes, & plusieurs milliers rendus par seconde, avant qu'elles soient capables d'agir sur l'éther, & d'y exciter

un ébranlement. Une agitation ſi rapide ne ſau
roit avoir lieu que dans les moindres particule
des corps qui par leur petiteſſe échappent
nos ſens. La lumiere du ſoleil eſt donc produit
par une telle agitation extrèmement vive & rapid
qui ſe trouve dans toutes les moindres particule
du ſoleil, dont chacune doit s'ébranler pluſieu
milliers de fois pendant chaque ſeconde. Un
telle agitation eſt auſſi la cauſe de la lumiere de
étoiles fixes & auſſi chez nous ſur la terre, d
tous les feux, comme des chandelles, des bougies
des flambeaux &c. qui nous tiennent lieu du ſoleil pen
dant la nuit, en nous éclairant. En regardant
flamme d'un bougie *V. A.* reconnoitra aiſémen
qu'il y regne dans les plus petites particules un
agitation ſurprenante; & je ne crois pas qu
mon ſyſtème trouve de ce côté aucune con
tradiction, pendant que le ſyſtème de Newto
exige une agitation infiniment prodigieuſe, capa
ble de lancer les plus petites particules ave
une vîteſſe qui parcourt 37500 Milles d'Allemag
ne dans une ſeconde. Voilà donc l'explication de l
nature des corps lumineux, ou plutôt luiſans pa
eux-mêmes: car il y a des corps lumineux
qui ne ſont pas luiſans d'eux-mêmes, comme l
lune & les planetes, qui ſont des corps ſembla
bles à notre terre. En effet nous ne voions l
lune, que quand, & entant qu'elle eſt éclairé
ou enluminée par le ſoleil; & c'eſt auſſi le ca
de tous les corps terreſtres, ſi l'on except
les feux & les flammes qui luiſent par eux
mêmes. Mais pour les autres corps qu'o
nomm

nomme corps opaques, ils ne nous deviennent visibles, qu'autant qu'ils sont éclairés par quelque autre lumiere. Pendant une nuit fort obscure, ou dans une chambre tellement fermée par tout, qu'il n'y sauroit entrer aucune lumiere, on a beau fixer les yeux vers les objets qui se trouvent dans ces tenebres, on n'y verra rien; mais qu'on y apporte une bougie allumée, on verra d'abord non seulement la bougie, mais aussi les autres corps qui étoient invisibles auparavant. Voilà donc une difference très essentielle entre les corps luisans, & les autres corps qu'on nomme opaques. (J'avois bien cy-dessus emploié ce même nom *d'opaque* pour désigner les corps qui ne sont pas transparens, mais la chose devient à peu près au même, & il faut s'accommoder à l'usage de parler, quoiqu'il y ait quelque difference.) Les corps luisans nous sont visibles par leur propre lumiere, & n'ont pas besoin d'une lumiere étrangere pour être vûs; on les voit également étant transporté dans les plus épaisses tenebres. Or les corps, que je nomme ici opaques, ne nous sont visibles que moïennant une lumiere qui leur est étrangere. Nous n'en voïons rien tant qu'ils sont placés dans les tenebres; mais aussitôt qu'ils sont exposés à un corps luisant, dont les raïons puissent les frapper, nous les voïons; & ils disparoissent dès qu'on ôte cette lumiere étrangere. Il n'est pas même besoin que les raïons d'un corps luisant les frappent immédiatement; un autre corps opaque, lors qu'il est bien éclairé, produit à peu prés le même effet,

mais d'une maniére plus foible. La Lune nous en fournit un bel exemple. Nous ſavons que la lune eſt un corps opaque, mais lorqu'elle eſt éclairée du ſoleil, & que nous la voïons de nuit, elle éclaire foiblement tous les corps opaques ſur la terre, & nous rend viſibles ceux qui ſans la lune nous ſeroient inviſibles. Quand je me trouve de jour dans ma chambre expoſée vers le Nord, où les raïons du ſoleil ne peuvent pas entrer, il y fait pourtant clair, & j'y puis diſtinguer toutes les choſes; quelle ſeroit donc la cauſe de cette clarté? ſinon que premierement le ciel tout entier eſt éclairé du ſoleil, ce que nous nommons le bleu du ciel, enſuite les murailles vis à vis de ma chambre, & les autres objets ſont auſſi éclairés, ou immédiatement par le ſoleil, ou médiatement par d'autres corps opaques eclairés; & la lumiere de tous ces corps opaques mais éclairés, entant qu'elle entre dans ma chambre, la rend claire, & celà d'autant plus, que les fenètres ſont hautes, larges, & bien arrangées: les vitres des fenêtres n'y nuiſent preſque point, puiſque le verre, comme j'ai déjà remarqué, eſt un corps tranſparent, qui accorde à la lumiere un libre paſſage. Quand je ferme bien les volets de mes fenêtres, de ſorte que la lumiere de dehors ne ſauroit plus entrer dans ma chambre, j'y ſuis dans les tenebres, & à moins que je ne faſſe apporter une chandelle, je n'y vois rien. Voilà donc en même tems une difference bien eſſentielle entre les corps luiſans & les corps opaques, & auſſi une reſſemblance bien remarquable qui eſt,

[redacted]

eſt, que les corps opaques étant éclairés, éclairent auſſi les autres corps opaques, & produiſent à cet égard à peu près le même effet que les corps luiſans par eux-mêmes. L'explication de ce Phénomene a bien tourmenté tous les philoſophes juſqu'ici, mais je me flatte de la préſenter à *V. A.* d'une maniere claire & ſatisfaiſante.

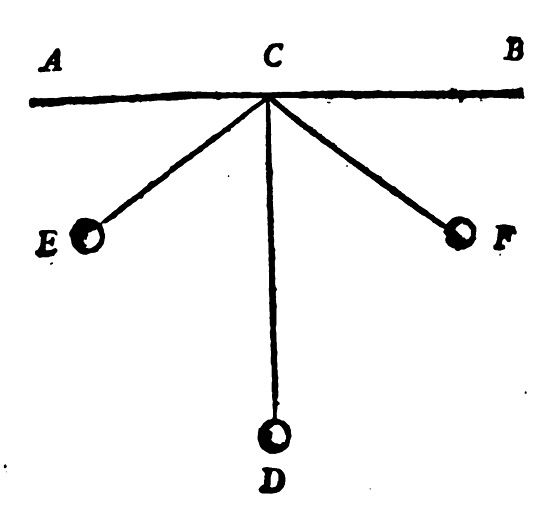
le 24. Juin 1760.

LETTRE XXIII.

Avant que d'entreprendre l'explication du phénomene par lequel les corps opaques nous deviennent viſibles lorſqu'ils ſont éclairés, il faut remarquer en general, que nous ne voïons rien que moïennant les raïons qui entrent dans nos yeux. Quand nous voïons un objet quelconque, il y a des raïons qui viennent de chaque point de cet objet, & qui entrant dans l'œil y peignent pour ainſi dire une image de ce même objet. Ceci n'eſt pas une ſimple conjecture; on le peut prouver par l'experience même. On prend un œil de boeuf, ou de quelqu'autre bête nouvellement tuée, & après avoir découvert le fond, on y voit dépeints tous les objets qui ſe trouvent devant l'œil. Ainſi toutes les fois que nous voïons un objet, il y en a une image peinte ſur le fond des yeux; & cette image eſt l'ouvrage

des raïons qui proviennent de l'objet, & qui entrent dans les yeux. J'aurai l'honneur de présenter à *V. A.* dans la suite une explication plus détaillée de la vision, & de la maniere dont les images des objets sont formées sur le fond de l'œil: à present cette remarque generale me suffit. Donc puisque nous ne voions les corps opaques, que lorsqu'ils sont éclairés, il y a des raïons qui proviennent de tous les points de ces corps; mais ces raïons ne subsistent que tant que les corps sont éclairés. Dès qu'ils se trouvent dans les tenebres, ces raïons s'évanouissent; d'où l'on voit que ces raïons ne sont pas propres aux corps opaques, mais que leur origine doit être cherchée dans l'illumination: & c'est à present la grande question, comment la seule illumination est capable de produire de raïons sur les corps opaques, ou de les mettre à peu près dans le même état, où se trouvent les corps luisans, qui, par une agitation dans leurs moindres particules, produisent des raïons? Le grand Newton de même que les autres Philosophes qui ont examiné cette matiere, en mettent la cause dans la réflexion; il est donc de la derniere importance que *V. A.* se forme une juste idée de ce qu'on nomme réflexion. Or d'abord, lorsqu'un corps choque contre une autre, & qu'il en est repoussé, celà se nomme *réflexion*, dont on peut voir tous les cas dans un Billard. Lorsqu'on joüe la bille contre le rebord ou la bande du billard, elle en rejaillit, ou bien elle en est réflechie; & ce changemeut est nommé réflexion. Il est bon de distinguer ici deux cas.

Supposé



Supposé que *AB* soit la bande du billard, le premier cas est, lorsqu'on joue la bille *D* perpendiculairement contre la bande, suivant la direction *DC*, de-sorte que cette ligne *DC* soit perpendiculaire à la bande *AB*, & partant les angles ensuite *ACD* & *BCD*, droits; dans ce cas, la bille sera repoussée ou réflechie sur la même ligne *DC*. L'autre cas est, lorsque la bille est joüée obliquement vers la bande, comme si l'on poussoit la bille *E* selon la ligne *EC* qui fasse avec la bande *AC* un angle aigu *ACE*, qu'on nomme *l'angle d'incidence*. Alors la bille sera repoussée par la bande selon la ligne *CF*, ensorte que cette ligne fasse de l'autre côté avec la bande *BC* un angle *BCF*, précisément égal à l'angle d'incidence *ACE*. On nomme cet angle *BCF*,

ſous lequel la bille eſt réflechie, *l'angle de réflexion*; & on tire de là cette regle generale, que dans toutes les réflexions, l'angle d'incidence, eſt toujours égal à l'angle de réflexion. Cette loi s'obſerve toujours, lorſqu'un corps, dans ſon mouvement, rencontre des obſtacles, & un boulet de canon tiré contre une muraille aſſez forte, qu'il ne ſauroit percer, en eſt réflechi conformement à cette regle, que l'angle de réflexion eſt toujours égal à l'angle d'incidence. Cette regle s'étend de même aux ſons, qui ſont ſouvent réflechis de certains corps; & *V. A.* n'ignorera pas, qu'une telle réflexion des ſons eſt nommée Echo. Auſſi n'y a-t-il point de doute qu'une telle réflexion n'ait ſouvent lieu dans les raïons de lumiere. Les objets que nous voïons dans les miroirs, nous ſont repréſentés par la réflexion des raïons, & toutes les fois qu'une ſurface eſt bien polie, elle réflechit les raïons de lumiere qui y tombent. Il eſt donc très certain, qu'il y a une infinité de cas, où les raïons qui tombent ſur de certains corps, en ſont réflechis; & de là les Philoſophes ont pris occaſion de ſoutenir, que nous voïons les corps opaques par des raïons réflechis. Je vois à préſent les maiſons vis-à-vis mes fenêtres, qui ſont éclairées par le ſoleil: donc ſelon le ſentiment de ces Philoſophes, les raïons du ſoleil qui tombent ſur la ſurface de ces maiſons, en ſont réflechis: ils entrent dans ma chambre, & me rendent ces maiſons viſibles. C'eſt de la même maniere, ſuivant ces Philoſophes, que nous voïons la lune & les

planetes

planetes qui ſont ſans contredit des corps opaques. Les raïons du ſoleil qui tombent ſur ces corps & qui en éclairent la partie qui lui eſt expoſée, en ſont réflechis, & parviennent de là jusqu'à nous, tout comme ſi ces corps étoient luiſans d'eux mêmes. Donc, ſuivant ce ſentiment, nous ne voïons la lune & les planetes que moïennant les raïons du ſoleil qui en ſont réflechis: & *V. A.* aura déjà bien ſouvent entendu dire, que la lumiere de la lune eſt une réflexion de la lumiere du ſoleil. De la même maniere, dit-on, les corps opaques éclairés du ſoleil, quand ils jettent leurs raïons réflechis ſur d'autres corps opaques, ils en ſont de nouveaux réflechis, & ceux-cy en tombant encore ſur d'autres, y ſouffrent une troiſieme réflexion, & ainſi de ſuite. Mais quelque probable que puiſſe paroître ce ſentiment au premier coup d'œil, dès qu'on l'examine de plus près, il renferme tant d'abſurdités, qu'il eſt abſolument inſoutenable, comme j'aurai l'honneur de le prouver invinciblement à *V. A.* afin de lui préſenter enſuite la véritable explication de ce Phénomene.

le 28 de Juin 1760.

LETTRE XXIV.

Je dis donc que lorſque nous voïons un corps opaque éclairé par le ſoleil, que c'eſt un ſentiment abſolument inſoutenable de dire, que les raïons en ſoient réflechis, & que ce ſoit par ces raïons réflechis, que nous voïons le corps.

corps. L'exemple d'un miroïr qui réflechit ſans contredit les raïons, & dont on ſe ſert pour prouver ce ſentiment, prouve plutôt le contraire. Le miroir réflechit ſans doute les raïons qui y tombent; mais lorſque ces raïons réflechis entrent dans nos yeux, qu'eſt ce qu'ils repreſentent? *V. A.* m'avouera d'abord, que ce n'eſt pas le miroir d'où ces raïons nous ſont renvoïés, qu'ils nous repreſentent: ils nous repreſentent les objets d'où il ſont partis originairement; & la réflexion ne fait autre choſe, ſinon que nous voïons ces objets dans un autre lieu. Auſſi ne voïons nous pas ces objets dans la ſurface du miroir, mais plutôt au dedans; & on peut bien dire, que le miroir même nous demeure inviſible. Mais en regardant un corps opaque éclairé par le ſoleil, nous n'y voïons pas le ſoleil, nous voïons effectivement la ſurface du corps même, avec toutes les variations qui s'y trouvent: d'où l'on doit reconnoître une difference très eſſentielle entre les raïons qui ſont réflechis d'un miroir & ceux, par leſquels nous voïons les corps opaques. Mais il y a encore une autre difference auſſi palpable dans le miroir: car en changeant les objets devant le miroir, ou ſeulement leurs places, ou notre propre ſituation, l'apparition changera toujours, & les raïons réflechis du miroir, repreſenteront dans nos yeux continuellement d'autres images qui répondent à la nature & à la poſition des objets, & au lieu où nous ſommes poſtés: & comme j'ai dejà remarqué, ces raïons réflechis

[redacted]

ne nous presentent jamais le miroir même. Or soit qu'un corps soit éclairé par le soleil ou d'autres corps luisans, ou opaques déjà éclairés, de quelque maniere aussi que ce corps change de place, ou que nous en changions nous-mêmes par rapport à ce corps, l'apparition en est toujours la même; nous voïons toujours le même objet, & nous n'y remarquons aucun changement qui se rapporteroit aux diverses circonstances susdites; ce qui me fournit une nouvelle preuve, que nous ne voïons point les corps opaques par des raïons réflechis de leur surface. Je prévois ici une objection tirée du col des pigeons & de certaines especes d'étoffes, qui nous offrent des spectacles differens; selon que notre point de vûe change; mais cela n'affoiblit en aucune maniere ma conclusion à l'egard des corps opaques ordinaires qui ne sont pas assujettis à un tel changement. Car cette objection ne prouve autre chose sinon, que ces objets singuliers sont doués de certaines qualités, comme par exemple que ses moindres particules sont bien polies, & qu'il y arrive une veritable réflexion, outre la maniere ordinaire & commune, dont tous les corps nous sont visibles. Or on comprend aisément, qu'une telle réflexion doit être bien distinguée de la maniere dont les corps opaques ordinaires sont éclairés. Enfin les raïons réflechis d'un miroir nous representent aussi toujours les couleurs des corps d'où ils proviennent originairement, & le miroir, où se fait la réflexion, n'y change rien. Or un corps opaque

que illuminé par quelque autre corps, de quelque maniere qu'il ſoit éclairé, nous preſente toujours les mêmes couleurs; & on peut dire que chaque corps a ſa propre couleur. Cette circonſtance renverſe abſolument le ſentiment de tous ceux, qui prétendent que nous voïons les corps opaques par le moïen des raïons qui ſont réflechis de leur ſurface. En joignant enſemble toutes les raiſons que je viens d'expliquer à *V. A.* Elle ne balancera pas de prononcer, que ce ſentiment ne ſauroit être ſoutenu en aucune façon, dans la Philoſophie, ou plutôt dans la Phyſique. Cependant je ne ſaurois me flatter, que les Philoſophes trop attachés à leurs ſentimens une fois reçûs, ſe rendent à ces raiſons; mais les Phyſiciens, qui ſont plus étroitement liés avec les Mathematiciens ſont moins de difficultés de changer de ſentiment ſur des raiſons auſſi fortes. *V. A.* ſe rappellera encore ici, ce que Cicéron a dit ſur ce ſujet, que rien ne ſauroit être imaginé de ſi abſurde, qui ne ſoit ſoutenu par quelque Philoſophe. En effet quelque étrange que puiſſe paroître à *V. A.* le commun ſentiment que je viens de réfuter, il a été ſoutenu & défendu juſqu'ici avec beaucoup de chaleur. On ne ſauroit dire que les inconveniens & les contradictions que je viens de mettre ſous les yeux de *V. A.* fuſſent inconnues aux partiſans de ce ſentiment. Le grand Newton en a lui même bien ſenti la force, mais comme il s'eſt arrêté à la plus étrange idée ſur la propagation des raïons, il ne faut pas être ſurpris, qu'il ait

ait pu digerer ces grandes incongruités : & en general, la grandeur de l'esprit ne garantit jamais d'absurdité, des sentimens qu'on a une fois embrassés. Mais si ce sentiment, que les corps opaques sont vûs par des raïons réflechis, est faux, disent ses Partisans, quelle en est donc la veritable explication? Ils leur semble même, qu'il est impossible d'imaginer une autre explication de ce phénomene, & d'ailleurs il est trop difficile & trop humiliant pour un Philosophe d'avoüer son ignorance sur quelque article que ce soit. Il vaut toujours mieux soutenir les plus grandes absurdités, surtout quand on possede le secret de les envelopper dans des termes obscurs, que personne ne peut comprendre : car alors le vulgaire releve d'autant plus les savans, en s'imaginant que ces obscurités leur sont fort lumineuses. Du moins il est toujours fort suspect, lorsque les savans se vantent de connoissances si sublimes, qu'ils ne sauroient rendre intelligibles. J'espere expliquer le phénomene en question de façon que *V. A.* n'y trouvera rien qui soit difficile à comprendre.

1 Juillet 1760.

LETTRE XXV.

Tous les phénomenes sur les corps opaques, que j'ai développés dans ma précedente lettre, prouvent invinciblement, que lorsque nous voïons un corps opaque éclairé, ce n'est pas par des raïons réflechis de sa surface que nous le voïons ; mais

mais que les moindres particules dans ſa ſurface ſe trouvent actuellement dans une agitation ſemblable à celle dont les moindres particules des corps luiſans ſont ébranlées; avec cette difference cependant, que l'agitation dans les corps opaques n'eſt pas à beaucoup près ſi forte, que dans les corps luiſans d'eux-mêmes; attendu qu'un corps opaque, quelque éclairé qu'il ſoit, ne fait jamais dans l'œil une impreſſion ſi vive que les corps luiſans. Puiſque nous voïons les corps opaques mêmes & point du tout les images des corps luiſans, qui les éclairent, comme il devroit arriver, ſi nous les voïons réflechis de leur ſurface; il faut que les raïons par leſquels nous les voïons, leur ſoïent propres, & leur appartiennent auſſi étroitement que les raïons des corps luiſans leur appartiennent. Donc tant qu'un corps opaque eſt éclairé, les moindres particules dans ſa ſurface ſe trouvent dans une agitation propre à produire dans l'éther un mouvemeut de vibration tel qu'il faut pour former des raïons, & pour peindre dans nos yeux l'image de leur original. Pour cet effet il faut que de chaque point de la ſurface il ſoit répandu des raïons en tout ſens, ce que l'experience confirme auſſi évidemment; puiſque de quelque côté que nous regardions un corps opaque, nous le voïons également dans tous ces points; d'où il s'enſuit que chaque point envoie des raïons en tout ſens. Cette circonſtance diſtingue ces raïons eſſentiellement des raïons réflechis, dont la direction eſt toujours déterminée par celle des raïons incidens; de ſorte que

que ſi les raïons incidens viennent d'une ſeule region, comme du ſoleil, les raïons réflechis ne ſuivroient qu'une ſeule direction. Nous reconnoiſſons donc que dès qu'un corps opaque eſt éclairé, toutes les moindres particules qui ſe trouvent dans ſa ſurface en ſont miſes dans une certaine agitation par laquelle ſont produits des raïons, comme j'ai fait voir que cela arrive dans les corps luiſans par eux mêmes. Cette agitation eſt auſſi d'autant plus forte que la lumiere qui éclaire eſt efficace : ainſi le même corps étant expoſé au ſoleil eſt beaucoup plus vivement agité que s'il eſt ſimplement éclairé dans une chambre par le clair du jour, ou de nuit par une bougie, ou ſeulement par le clair de lune. Dans le premier cas ſon image eſt beaucoup plus vivement peinte ſur le fond de l'oeil que dans les autres cas, & ſurtout dans le clair de la lune, dont l'illumination ſuffit à peine à diſtinguer ou à lire une écriture fort groſſe; & lorſqu'on tranſporte le corps opaque dans une chambre obſcure, ou dans les tenebres, on n'en voit plus rien, ce qui eſt une marque certaine que l'agitation dans ſes parties a tout-à-fait ceſſé, & qu'elles ſe trouvent en repos. Voilà donc en quoi conſiſte la nature des corps opaques ; c'eſt que leurs particules d'elles-mêmes ſont en repos, ou du moins deſtituées d'une telle agitation qu'il faut pour produire de la lumiere ou des raïons ; mais ces mêmes particules ont une telle diſpoſition, que lorſqu'elle ſont éclairées, ou que des raïons de lumiere y tombent, elles en ſont

 d'abord

d'abord mises dans un certain ébranlement ou mouvement de vibration propre à produire des raïons; & plus la lumiere qui éclaire ces corps, est vive, plus aussi l'agitation sera forte. Donc, tant qu'un corps opaque est éclairé, il se trouve dans le même état que les corps luisans; ses moindres particules étant agitées d'une maniere semblable, & capable d'exciter des raïons dans l'éther. Mais il y a cette difference, que dans les corps luisans cette agitation subsiste d'elle-même, ou est entretenüe par une force intrinseque; au lieu que dans les corps opaques, cette agitation est accessoire, n'étant produite que par la lumiere qui les éclaire & qu'elle est entretenüe par une force étrangere qui ne réside pas dans le corps même, mais dans l'illumination. Cette explication satisfait à tous les phénomenes, & n'est assujettie à aucun inconvenient semblable à ceux qui nous ont fait abandonner l'autre explication, fondée sur la réflexion. Quiconque voudra bien peser toutes ces circonstances, n'en disconviendra point, mais il reste encore une très grande difficulté. Il s'agit d'expliquer comment la simple illumination, dont un corps opaque est éclairé, est capable de mettre les moindres particules de ce corps dans une agitation, & précisément dans une telle agitation qui produise des raïons, & que cette agitation demeure à peu près toujours semblable à elle-même, quelque difference qui se trouve dans l'illumination. J'avoüe que si l'on ne pouvoit répondre à cette question, ce seroit un grand défaut

défaut dans ma Théorie, quoiqu'elle n'en fut point renversée; car il n'y a là rien de révoltant. La seule chose que j'ignorerois, savoir comment l'illumination produit une agitation dans les moindres particules des corps opaques, ne marqueroit qu'une imperfection dans ma Théorie; & à moins qu'on ne puisse démontrer l'impossibilité absolüe, que l'illumination produise un tel effet, mon sentiment pourra toujours subsister. Mais je suppléerai aussi à ce défaut, & je ferai voir à *V. A.* très clairement, comment l'illumination agite les moindres particules des corps.

le 5 Juillet 1760.

LETTRE XXVI.

Je me suis engagé à faire comprendre à *V. A.* comment l'illumination d'un corps opaque doit produire dans ses moindres particules une agitation propre à exciter des raïons de lumiere qui nous rendent visible ce même corps opaque. Le parallelle entre le son & la lumiere, qui ne different que du plus au moins, la lumiere étant la même chose à l'égard de l'éther que le son à l'égard de l'air, ce parallelle, dis-je, me mettra en état de m'acquiter de mon engagement. Les corps luisans doivent être comparés à des instrumens de musique, mis en action, ou qui sonnent actuellement. Il est ici indifferent si c'est par une force intrinseque qu'ils sonnen, ou qu'ils soient touchés par des forces étrangeres: il suffit à mon dessein, qu'ils sonnent &

faſſent du bruit. Or les corps opaques, en tant qu'ils ne ſont pas éclairés, doivent être comparés à des inſtrumens de muſique hors d'action, ou bien à des cordes tendües en repos, qui ne rendent aucun ſon. Maintenant notre queſtion étant tranſportée de la lumiere au ſon ſe réduit à celle-ci. Si une corde tendüe en repos, lorſqu'elle ſe trouve dans le bruit des inſtrumens de muſique, en reçoit quelque agitation, & commence à ſonner, ſans qu'elle ſoit touchée actuellement ? Or l'experience nous apprend que cela arrive en effet. Si *V. A.* veut bien prendre la peine de conſiderer une corde tendüe, pendant un concert ou ſeulement pendant un bruit de toutes ſortes d'inſtrumens de muſique, Elle remarquera que cette corde commencera à trembler, ſans qu'on y ait touché, & qu'elle donnera le même ſon que ſi elle avoit été touchée. Cette experience réuſſit encore mieux, ſi les inſtrumens rendent le même ſon de la corde. Que *V. A.* conſidere attentivement les cordes d'un clavecin où l'on ne joüe pas, pendant qu'un violon joüe le ſon *a*, par exemple, bien fort, & *V. A.* remarquera que, ſur le clavecin, la corde de ce même ſon commencera à trembler aſſez ſenſiblement, même à ſonner, ſans qu'elle ait été touchée: quelques autres cordes auſſi ſeront pareillement agitées, comme celles qui tiennent au ſon qu'on joüe, une octave, ou une quinte, & ſouvent auſſi une tierce, pourvû que l'inſtrument ſoit parfaitement accordé. Ce phénomene eſt très bien connu des Muſiciens,

&

[redacted]

& Mr. Rameau, ce grand compoſiteur en France, y établit ſes principes de l'harmonie. Il prétend que les octaves, quintes & tierces, doivent être connües pour des conſonances, par cette ſeule raiſon, puiſqu'une corde eſt agitée par le ſeul ſon d'une autre corde, qui eſt ou le même que celui que la premiere corde rendroit, ou qui y tient l'intervalle d'une octave, ou d'une quinte ou d'une tierce. Mais il faut convenir que les principes de l'harmonie ſont ſi bien établis par la ſimplicité des rapports que les ſons tiennent entr'eux, qu'ils n'ont pas beſoin d'un nouveau ſoutien. Le phénomene dont je parle eſt plutôt une conſequence fort naturelle des principes de l'harmonie. Pour rendre cela plus ſenſible, conſiderons deux cordes accordées à rendre le même ſon, & en frappant l'une, l'autre commencera d'elle même à trembler & à ſonner. La raiſon en eſt auſſi aſſez claire; car de la même maniere qu'une corde en tremblant communique à l'air un mouvement ſemblable de vibration, ainſi l'air réciproquement étant agité d'un tel mouvement de vibration eſt capable de faire trembler la corde pourvû que, par ſa tenſion, elle ſoit ſuſceptible d'un ſemblable mouvement. L'air étant agité d'un mouvement de vibration frappe à chaque coup tant ſoit peu la corde, & la réiteration de pluſieurs coups, par chaque vibration, imprime bientôt à la corde un mouvement ſenſible; puiſque les vibrations aux quelles elle eſt diſpoſée par ſa tenſion, conviennent avec celles qui ſe trouvent dans l'air. Si le nombre des vi-

brations dans l'air eſt la moitié ou le tiers, ou telle que le rapport ſoit aſſez ſimple; alors la corde ne reçoit pas à chaque vibration une nouvelle impulſion, comme dans le cas précedent, mais poutant à la ſeconde ou troiſieme ou quatrieme &c. ce qui continuera à augmenter ſon tremblement, mais non pas ſi fort que dans le premier cas. Mais ſi le ſon dans l'air ne tient aucun rapport ſimple à celui qui convient à la corde, l'agitation de l'air ne produit aucun effet ſur la corde; car puiſque les vibrations de la corde, ſi il y en avoit, ne ſe rencontrent pas avec celles de l'air, les impulſions ſuivantes de l'air détruiſent, pour la plupart, l'effet que les premieres peuvent avoir produit; ce que l'experience confirme auſſi admirablement bien. Donc, pour qu'une corde ſoit ébranlée par le ſeul bruit d'un ſon, l'effet ſera plus ſenſible quand le ſon dans l'air eſt préciſément le même que celui de la corde. D'autres ſons, qui ont avec celui de la corde une conſonance, produiront bien un ſemblable effet, mais moins ſenſible, & les diſſonances n'en produiſent aucun. Cette circonſtance a lieu, non ſeulement dans les cordes, mais auſſi dans tous les autres corps ſonores. Une cloche ſonnera par le ſeul bruit d'une autre cloche, qui y tient une belle harmonie, c'eſt-à-dire, ou le même ſon, ou l'octave, ou la quinte, ou la tierce. L'hiſtoire nous fournit auſſi un bel exemple dans les verres à boire. Il y avoit un homme qui caſſoit les verres par ſon cri. Quand on lui préſentoit un verre, il examinoit dabord

le

[redacted]

le ſon de ce verre, en y frappant ; enſuite il crioit ſur le même ton ſur le verre, & le verre commençoit à s'ébranler : alors il augmentoit ſa voix de toutes ſes forces, toujours ſur le même ton, & l'ébranlement du verre devenoit enfin ſi fort, que le verre ſe briſoit en petits morceaux. Il eſt donc très certain & confirmé par l'experience qu'une corde & tout autre corps ſonore eſt mis en agitation par le ſeul bruit d'un ſon conſonant ; ainſi donc le même phénomene doit avoir lieu dans les corps opaques qui pourront être mis en agitation par la ſeule illumination; ce qui étoit la queſtion que je m'étois propoſé de réſoudre. L'ordinaire prochain j'en ferai l'explication plus détaillée.

le 8 de Juin 1760.

LETTRE XXVII.

Après ce que je viens d'expoſer, *V. A.* ne ſera plus ſurpriſe qu'un corps puiſſe recevoir, par la ſeule illumination, une agitation dans ſes moindres particules, ſemblable à celle dont les particules des corps luiſans ſont agités, & qui les rend propres à produire des raïons qui les rendent viſibles ; & ainſi ce grand obſtacle qui paroiſſoit s'oppoſer à mon explication de la viſibilité des corps opaques, eſt heureuſement levé, pendant que l'autre explication, fondée ſur la réflexion des raïons, rencontre d'autant plus de difficultés qu'on en veut faire l'application aux phénomenes connus. C'eſt donc une verité bien

conſtatée, que de tous les corps que nous voïons, les moindres particules dans leur ſurface ſe trouvent dans une certaine agitation, ou un mouvement de vibration ſemblable à celui d'une corde pincée, mais incomparablement plus vif & plus rapide; ſoit que cette agitation ſoit l'effet d'une force intrinſeque, comme dans les corps luiſans d'eux-mêmes, ſoit qu'elle ſoit produite par des raïons de lumiere qui tombent ſur les corps, c, à, d, par l'illumination, comme il arrive dans les corps opaques. Il eſt donc faux que la lune, étant un corps opaque, réflechiſſe les raïons du ſoleil, & que ce ſoit par cette lumiere réflechie que nous la voïons, comme on croit en general: mais les raïons du ſoleil, qui tombent ſur la ſurface de la lune, excitent ſes particules à un ébranlement ſemblable, d'où reſultent les raïons de la lune, qui entrant dans nos yeux, y peignent ſon image; & c'eſt le cas des planetes & de tous les corps opaques. Cette agitation des moindres particules des corps opaques, lorſqu'ils ſont éclairés, ne dure pas plus longtems que l'illumination qui en eſt la cauſe; & auſſi-tôt qu'un corps opaque n'eſt plus éclairé nous ne le voïons plus. Mais ne pourroit-il pas arriver qu'une telle agitation imprimée une fois aux moindres particules d'un corps opaque, ſe conſerve encore pendant quelque tems, comme nous voïons qu'une corde une fois pincée, continüe ſouvent à trembler pendant longtems? je ne ſaurois nier que ce cas ne ſoit poſſible; & je crois même qu'il exiſte actuellement dans ces matieres que notre Mr. Mar-

graff

graff à presentées à *V. A.* lesquelles étant une fois éclairées, quand on les transporte dans une chambre obscure, y conservent encore quelque tems leur lumiere. Cependant c'est un cas très extraordinaire ; & dans tous les autres corps, l'ébranlement des moindres particules s'évanouit avec l'illumination qui l'a causé. Mais cette explication, qui jusqu'ici se soutient parfaitement bien, me conduit à des recherches encore plus importantes. D'abord, il n'y a point de doute que parmi les moindres particules des corps opaques il ne se trouve une difference infinie, selon la varieté des corps mêmes : il y en aura qui seront plus susceptibles d'un mouvement de vibration, & il y en aura qui le seront moins, & même qui n'en sauroient recevoir aucune. Cette difference ne se rencontre que trop évidemment dans les corps. Un corps dont les particules reçoivent facilement l'impression des raïons qui y tombent, nous paroit brillant; un autre au contraire où les raïons ne causent presque aucune agitation, nous doit paroître obscur & tenebreux. Parmi plusieurs corps également éclairés, *V. A.* remarquera toujours une grande difference, quelques uns étant plus clairs & plus brillans que les autres. Mais il doit y avoir encore une autre difference bien remarquable parmi les moindres particules des corps opaques, à l'egard du nombre des vibrations que chacune étant agitée rendra dans un certain tems. J'ai déjà remarqué que ce nombre doit toûjours être fort grand, & que la subtilité de l'éther en demande plusieurs milliers dans une seconde.

Mais il peut y avoir une difference infinie, ſi quelques particules emploient par exemple, 10000 vibrations dans une ſeconde, & que d'autres en emploient 11000, 12000, 13000, &c. ſelon la petiteſſe, la tenſion & l'élaſticité de chacune, de même qu'il arrive dans les cordes de muſique où le nombre de vibrations rendues dans une ſeconde peut varier à l'infini; & c'eſt de là que j'ai déduit la difference des ſons graves & aigus, ou bien des ſons bas & hauts. Comme cette difference eſt eſſentielle dans les ſons, & que l'ouie en eſt affectée d'une maniere ſi particuliere que c'eſt ſur cette difference qu'eſt fondée toute l'harmonie de la muſique, on ne ſauroit douter qu'une ſemblable difference dans la fréquence des vibrations des raïons de lumiere ne produiſe un effet tout particulier & une difference très eſſentielle dans la viſion. Si une particule, par exemple, fait 10000 vibrations dans une ſeconde, & produit des raïons de la même eſpece, les raïons qui entrent dans l'oeil, y frapperont le fond, ou les nerfs qui s'y trouvent, 10000 fois dans une ſeconde; & cet effet, ainſi que la ſenſation, doivent être tout-à-fait differents de ceux que produiroit une autre particule qui feroit plus ou moins de vibrations dans une ſeconde. Il y aura dans la viſion une difference ſemblable à celle que ſent l'ouïe en écoutant des ſons graves ou aigus. *V. A.* ſera bien curieuſe d'apprendre à quoi ſe réduit cette difference dans la viſion, & ſi nous diſtinguons en effet les objets dont les particules ſont miſes en mouvement

[redacted]

ment de vibration plus ou moins de fois dans une feconde? Là deffus j'ai l'honneur de dire à *V. A.* que c'eft la diverfité des couleurs qui eft caufée par cette difference; deforte que par rapport à la vûe, les couleurs font la même chofe, que les differents fons hauts ou bas, par rapport à l'ouïe. Voila donc une grande queftion, dont la réfolution s'eft offerte d'elle même, fans que nous l'aïons cherchée. C'eft la queftion fur la nature des couleurs, qui a tourmenté de tout tems les Philofophes. Quelques uns ont dit que c'eft une certaine modification de la lumiere, qui nous eft abfolument inconnûe. Defcartes prétend que toutes les couleurs ne font qu'un certain mélange de la lumiere & de l'ombre; & Newton en cherche la raifon dans les raïons du foleil, qui felon lui font des émanations réelles, & il croit que leur matiere pourroit être plus ou moins fubtile; d'où il établit des raïons de toutes couleurs, rouge, jaune, verd, bleu & violet, Mais ce fyftême tombant de lui même, tout ce qu'on a dit jufqu'ici fur les couleurs revient à ceci, que nous n'en favons rien du tout. Or à prefent *V. A.* comprend très clairement que la nature de chaquetcouleur confifte dans un certain nombre de vibrations, dont les particules, qui nous préfentent cette couleur, font agitées dans un certain tems.

le 12 Juin 1760.

LET-

LETTRE XXVIII.

L'ignorance de la véritable nature des couleurs a entretenu de tout tems de grandes diſputes parmi les Philoſophes; chacun s'eſt efforcé de briller par quelque ſentiment particulier ſur ce ſujet. Le ſentiment, que les couleurs réſident dans les corps mêmes, leur parût trop commun, & peu digne d'un Philoſophe, qui doit toujours s'élever audeſſus du vulgaire. Puiſque le païſan s'imagine que tel corps eſt rouge, l'autre bleu, & un autre verd, le Philoſophe ne ſauroit mieux ſe diſtinguer qu'en ſoutenant le contraire; il dit donc que les couleurs n'ont rien de réél; qu'il n'y a rien dans les corps qui s'y rapporte. Les Newtoniens mettent les couleurs uniquement dans les raions qu'ils diſtinguent ſelon les couleurs, en rouges, jaunes, verds, bleus & violets; & ils diſent, qu'un corps nous paroît de telle ou telle couleur, lorſqu'il réflechit des raïons de cette eſpece. D'autres, auxquels ce ſentiment paroît trop groſſier, prétendent que les couleurs n'exiſtent que dans le ſentiment. C'eſt le meilleur moien pour couvrir ſon ignorance, ſans lequel le peuple pourroit croire, que le ſavant ne connoîtroit pas mieux la nature des couleurs que lui. Mais à preſent, à entendre parler les ſavans, on s'imagine qu'ils poſſedent les plus profonds myſteres, quoiqu'ils n'en ſachent pas plus que le païſan, & peut-être encore moins. *V. A.* reconnoîtra aiſément, que ces apparentes ſubtilités, ne ſont que des chicanes. Chaque couleur ſimple

simple, (pour la distinguer des couleurs composées) est attachée à un certain nombre de vibrations, qui s'achevent dans un certain tems; de sorte qu'un tel nombre de vibrations rendües dans une seconde, détermine la couleur rouge, un autre la couleur jaune, un autre la verte, un autre la bleue, & un autre la violette, qui sont les couleurs simples, comme l'arc en ciel nous les répréfente. Donc, si les particules de la surface de quelques corps sont tellement disposées, qu'étant agitées elles rendent dans une seconde autant de vibrations que, par exemple, la couleur rouge exige, je nomme ce corps rouge, tout comme les paisans, & je ne vois aucune raison de m'écarter de la maniere reçüe de parler. Ensuite les raïons qui renferment aussi autant de vibrations dans une seconde pourront être nommés rouges avec autant de droit; & enfin quand les nerfs du fond de l'œil sont affectés par ces mêmes raïons, & qu'ils en sont presque frappés autant de fois dans une seconde, ils excitent la sensation de la couleur rouge. Ici tout est clair, & je ne vois aucune nécessité, d'introduire des phrases obscures & misterieuses, qui au fond n'aboutissent à rien. Le parallelle entre le son & la lumiere est si parfait, qu'il se soutient même dans les moindres circonstances. Quand j'alleguai le phénomene d'une corde tendüe, qui peut être agitée par le seul bruit de quelques sons, *V. A.* se souviendra, que le même son, que la corde rendroit, étant touchée est le plus éfficace à ébranler cette corde, & que

que d'autres ſons n'y produiſent d'effet, qu'autant qu'ils font avec la corde une belle conſonance. Il en eſt exactement de même de la lumiere & des couleurs, puiſque les differentes couleurs répondent aux differens ſons de la muſique. Pour faire voir ce bel & merveilleux phénomene, qui confirme le plus fortement mon ſyſtême, on prépare une chambre obſcure; on y fait un petit trou dans un volet, devant lequel on place à quelque diſtance, un corps d'une certaine couleur comme par exemple un morceau de drap rouge, enſorte que lorſqu'il eſt bien éclairé, ſes raïons entrent par le trou dans la chambre obſcure. Ce ſeront donc des raïons rouges, qui entrent dans la chambre, l'entrée de toute autre lumiere étant défendüe, Maintenant lorſqu'on tient dans la chambre vis à vis du trou un morceau de drap de la meme couleur on le verra parfaitement bien éclairé, & ſa couleur rouge paroîtra fort brillante; mais ſi on tient à la même place un morceau de drap verd il demeurera obſcure, & on ne verra preſque rien de ſa couleur. Or ſi l'on met hors de la chambre devant le trou un morceau de drap auſſi verd & bien éclairé, le morceau verd dans la chambre en ſera parfaitement bien éclairé, & ſa couleur verte paroitra fort vive. Il en eſt de même de toutes les autres couleurs; & je crois qu'on ne ſauroit prétendre une preuve plus éclatante de mon ſyſtème. Dè là nous apprenons donc, que pour éclairer un corps d'une certaine couleur, il faut que les raïons qui y tombent pour l'éclairer ayent

[redacted]

ayent la même couleur, les raïons d'une autre couleur n'étant pas capables d'agiter les particules de ce corps; Celà se prouve aussi par une experience fort connüe. Lorsqu'on allume de l'esprit de vin dans une chambre, *V. A.* sait que la flamme de l'esprit de vin est bleue, & ainsi elle ne produit que des raïons bleüs; dans cette chambre donc, toutes les personnes qui s'y trouvent paroissent fort pâles, & leurs visages comme des mourans, quelques fardés ou teints de rouge qu'ils puissent être. La raison en est évidente, car les raïons bleus ne sont pas capables d'exciter ou d'ébranler la couleur rouge dans le visage, ce n'est qu'une couleur bleuâtre & fort foible qu'on y voit; mais si quelqu'un a un habit bleu, cet habit paroîtra à son tour tout-à-fait brillant. Or les raïons du soleil, ceux d'une bougie ou d'une chandelle ordinaire éclairent tous les corps à peu près également; d'où l'on conclut que les raïons du soleil renferment toutes les couleurs à la fois, quoique son teint paroisse jaunâtre. Et en effet lorsqu'on laisse entrer dans une chambre obscure des raïons de toutes couleurs simples, des rouges, jaunes, verds, bleus & violets, en égale quantité à peu près, & qu'on les rassemble, ils representent une couleur blanchâtre. On fait aussi la même experience avec plusieurs poudres des couleurs mentionnées & en les mêlant bien ensemble, il en resulte une couleur blanchâtre. On tire de là cette conclusion, que la couleur blanche n'est rien moins qu'une couleur simple; mais qu'elle est plutôt un mélange de toutes les couleurs simples

ples : aussi voïons nous que le blanc est également propre à recevoir toutes les couleurs. Pour le noir il n'est pas proprement une couleur; lorsque les particules d'un corps sont si lourdes, qu'elles ne sauroient recevoir aucun mouvement de vibration, ce corps est noir; ou bien, un corps qui ne produit pas des raïons, est noir: ainsi le défaut des raïons produit cette couleur; & plus il se trouve sur la surface de quelque corps, de telles particules qui ne sont susceptibles d'aucun mouvement de vibration, plus il paroît obscur & noiratre.

le 15. de Juillet 1760.

LETTRE XXIX.

J'ai deja remarqué, qu'il y a certains corps, qui transmettent les raïons de lumiere, qu'on nomme transparens, pellucides & diaphanes, comme le verre, l'eau & surtout l'air. C'est cependant l'éther, qui est le milieu le plus naturel dans lequel se forment les raïons de lumiere, & les autres matieres transparentes n'ont cette qualité qu'à cause de l'éther qu'elles contiennent, & avec lequel elles sont tellement entremêlées que les agitations qui y sont excitées par la lumiere, se peuvent communiquer plus loin sans être arretées. Mais cette transmission ne se fait jamais si librement que dans l'éther pur, & il s'en perd toujours quelque chose; & celà d'autant plus que le corps transparent est plus épais. L'épaisseur peut même devenir si grande, que

toute

toute la lumiere s'y perd, & alors le corps n'est plus transparent. Ainsi quoique le verre soit un corps transparent, un grand morceau de verre de quelques pieds de grosseur n'est plus transparent, & l'on ne sauroit rien voir à travers. De même quelque pure que soit l'eau d'une riviere, dans l'endroit où elle est très profonde, on ne sauroit voir le fond, qu'on voit cependant très bien, où l'eau n'est pas profonde. Ainsi la transparence n'est qu'une propriété des corps relative à leur épaisseur & quand on attribüe cette propriété au verre, à l'eau &c. il faut toujours l'entendre avec cette restriction, lorsque l'épaisseur de ces corps n'est pas trop grande : & pour chaque espece il y a une certaine mesure d'épaisseur, laquelle étant passée, le corps n'est plus transparent. Au contraire il n'y a point de corps opaque, qu'on oppose au transparent, qui ne devienne enfin transparent, lorsqu'on le réduit à une lame extrêmement mince. Ainsi quoique l'or ne soit pas transparent, les feuilles d'or sont pourtant transparentes ; & en regardant les plus petites particules de tous les corps par un microscope, on les trouve transparentes. On pourroit donc dire que tous les corps sont transparens, lorsqu'on les fait assez minces, & aussi qu'aucun corps n'est transparent lorsqu'il est trop épais. Or selon la maniere de parler, on nomme corps transparens, ceux qui conservent cette qualité jusqu'à un certain degré d'épaisseur, quoiqu'ils la perdent lorsqu'ils sont plus épais. Mais pour ce qui regarde l'éther, il est en vertu de sa nature absolument &

 par-

parfaitement tranſparent ; & ſon étendüe ne diminüé rien du tout dans ſa tranſparence. La prodigieuſe diſtance des étoiles fixes, que *V. A.* daigne ſe le rappeller, n'empêche point que leurs raïons ne ſoient tranſmis juſqu'à nous ; mais ſi notre air, quoiqu'il paroiſſe parfaitement tranſparent, s'étendoit juſqu'à la lune, il perdroit toute ſa tranſparence ; & aucun raïon du ſoleil & des autres corps céleſtes ne ſauroit plus pénetrer juſqu'à nous. Nous nous trouverions dans le cas des tenebres égyptiennes. La raiſon en eſt aſſez évidente, & nous remarquons la même choſe dans le ſon, dont la reſſemblance à la lumiere ſe confirme au tous égards. L'air eſt le milieu naturel, au travers duquel le ſon eſt tranſmis, mais les agitations excitées dans l'air ſont capables d'ébranler auſſi les particules de tous les corps, & celles-cy en mettant en mouvement les interieures, tranſmettent enfin les agitations à travers tous les corps, à moins qu'ils ne ſoient trop épais. Ainſi il y a des corps, qui par rapport au ſon, ſont la même choſe que les corps tranſparens par rapport à la lumiere : & enfin tous les corps ont cette propriéte par rapport au ſon, pourvu qu'ils ne ſoient pas trop épais. En effet *V. A.* étant dans ſa chambre, entend preſque tout ce qui ſe paſſe dans l'antichambre, quoique les portes ſoient bien fermées : c'eſt que l'agitation de l'air dans l'antichambre ſe communique aux murailles par leſquelles l'agitation pénetre dans la chambre même, mais pourtant avec quelque perte. Si l'on ôtoit les murailles, *V. A.* entendroit ſans doute tout plus diſtinctement.

ment Or plus les murailles sont épaisses, plus aussi le son perd de sa force en les traversant; & les murailles pourroient être si épaisses, qu'on n'entendroit plus rien de tout ce qui se passeroit dehors, à moins que cela ne fut un bruit terrible, comme le coup d'un canon. Cela me mene à une nouvelle remarque, que des sons très forts peuvent bien passer par des murailles qui sont impénétrables à des sons plus foibles; & par consequent, pour juger si une muraille est capable de transmettre les sons, il ne suffit pas d'avoir égard à l'épaisseur de la muraille, il faut aussi tenir compte de la force du son. Si le son est très foible, une muraille fort mince seroit capable de l'arrêter, quoiqu'elle pût transmettre un son plus fort. Il en est de même des corps transparens qui peuvent accorder le passage à une lumiere très forte, pendant qu'on ne voit pas au travers d'eux des objets peu brillants. Quand on noircit un verre avec de la fumée, on ne voit plus à travers des objets peu brillans, mais en regardant le soleil par un tel verre, on le voit fort distinctement. C'est le moien dont les Astronomes se servent pour observer le soleil, qui sans cela éblouïroit les yeux. Et quand on se trouve dans une chambre obscure, où il y a un trou dans le volet vers le soleil, on a beau couvrir de la main ce trou, la lumiere du soleil passera au travers de la main. Cependant on voit que la lumiere du soleil perd beaucoup de son éclat, en passant par un tel corps, qui par rapport à d'autres objets, n'est pas même transpa-

rent .Mais une lumiere très forte peut perdre beaucoup de ſon éclat avant qu'elle ſoit entierement éteinte, pendant qu'une lumiere plus foible ſe perd bientôt. Ainſi un morceau de verre fort épais ſera bien non tranſparent à l'égard des objets peu brillans ; mais on verra pourtant le ſoleil à travers. Ces remarques ſur les corps tranſparens, me conduiſent à la Théorie de la réfraction, dont *V. A.* aura dejà entendu parler bien ſouvent, & que je tâcherai de mettre en tout ſon jour dans la ſuite.

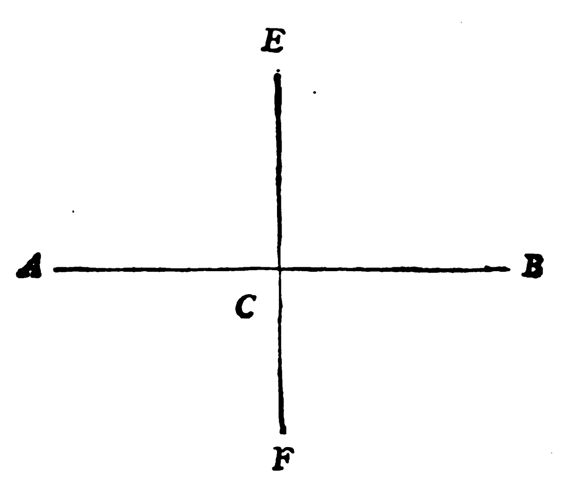
le 28 de Juillet 1760.

LETTRE XXX.

Tant que la lumiere avance par le même milieu, ſoit que ce ſoit l'éther, ou l'air, ou quelque autre corps tranſparent, la propagation ſe fait ſelon des lignes droites, qu'on nomme raïons, puiſqu'ils partent du point luiſant en tout ſens, de même que les raïons d'un cercle ou d'un globe partent du centre. Dans le ſyſtème de l'émanation, les particules lancées du corps luiſant ſe meuvent en des lignes droites, & il en eſt de même dans le véritable ſyſtême que j'ai eu l'honneur de propoſer à *V. A.* où les agitations ſe communiquent ſelon des lignes droites, de la même maniere que le ſon d'une cloche eſt tranſmis juſqu'à nous par une ligne droite, par laquelle nous jugeons auſſi de quelle contrée le ſon vient: donc dans l'un & l'autre ſyſtème les raïons nous ſont repreſentés par des lignes droites, tant qu'ils paſſent par le même milieu

[redacted]

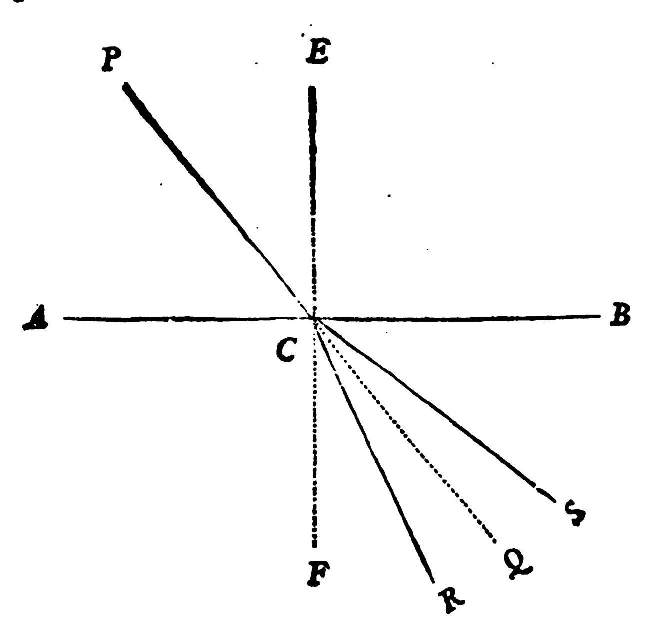
milieu tranſparent; mais ils peuvent ſouffrir quelque inflexion, quand ils paſſent d'un milieu tranſparent dans un autre, & cette inflexion eſt ce qu'on nomme la réfraction des raïons de lumiere, dont la connoiſſance eſt de la derniere importance dans une infinité de phénomenes. Je vais donc expliquer à *V. A.* les loix conformement auxquelles la réfraction ſe fait.



D'abord c'eſt une loi conſtante, que lorſqu'un raïon comme *EC*, tombe perpendiculairement ſur la ſurface *AB* d'un autre milieu, il continue ſa route ſuivant la même ligne droite prolongée comme *CF*. Il ne ſouffrira pour lors aucune inflexion ou réfraction. Ainſi ſi *EC* eſt un raïon du ſoleil qui tombe perpendiculairement ſur la ſurface *AB* de l'eau ou du verre, il y entrera

[redacted]

ſelon la même direction & continuera ſa route ſelon la ligne *CF*, auſſi perpendiculaire à la ſurface *AB*, deſorte que *EF* ſoit une même ligne droite. Or c'eſt le ſeul cas, où il n'y a point de réfraction ; mais toutes les fois que le raïon ne tombe pas perpendiculairement ſur la ſurface d'un autre corps tranſparent, il n'y continue pas ſa route ſuivant la même ligne droite ; il s'en écartera plus ou moins & il ſouffrira une réfraction.



Soit *PC* un raïon qui tombe obliquement ſur la ſurface *AB* d'un autre milieu tranſparent : en entrant dans ce milieu, il ne continuera pas ſa route ſuivant

ſuivant la ligne droite *CQ* qui eſt la continuation de la ligne droite *PC*; mais il s'en écartera, ou ſelon la ligne droite *CR*, ou ſelon *CS*. Il ſouffrira donc en *C* une inflexion qu'on nomme *réfraction.* Or cette réfraction dépend en partie de la diverſité des deux milieux, & en partie de l'obliquité ſous laquelle le raïon *PC* entre. Pour expliquer les loix de cette inflexion, il faut connoître quelques termes dont les auteurs ſe ſervent 1°. La ſurface *AB* qui diſtingue les deux milieux, celui d'où le raïon vient, & celui où il entre, eſt nommée la *ſurface refringeante* 2°. Le raïon *PC* qui y tombe, eſt nommé le *raïon incident*, & 3°. le raïon *CR* ou *CS* qui tient dans l'autre milieu une route differente de *CQ*, eſt nommé le *raïon rompu.* De plus, ayant tiré ſur la ſurface *AB* la ligne perpendiculaire *ECF*, on nomme 4°. *angle d'incidence*, l'angle *PCE* que fait le raïon incident *PC* avec la ligne perpendiculaire *EC* & 5°. *l'angle de réfraction* eſt l'angle *RCF* ou *SCF* que fait le raïon rompu *CR* ou *CS* avec la perpendiculaire *CF*. Donc à cauſe de la réfraction, l'angle de réfraction n'eſt pas égal à l'angle d'incidence *PCF*: car prolongeant la ligne *PC* en *Q*, les angles *PCE* & *FCQ* ſont oppoſés par la pointe, & partant égaux entre eux, comme *V. A.* s'en ſouviendra encore parfaitement bien. C'eſt donc l'angle *QCF* qui eſt égal à l'angle d'incidence *PCE*, & partant l'angle de réfraction *RCF* ou *SCF* eſt ou plus petit ou plus grand. Il y a donc deux cas qui peuvent avoir lieu, l'un où le raïon rompu étant *CR*, l'angle

de réfraction *RCF* eſt plus petit que l'angle d'incidence *PCE*, & l'autre où le raïon rompu étant *CS*, l'angle de réfraction *SCF* eſt plus grand que l'angle d'incidence *PCE*. Dans le premier cas, on dit que le raïon *CR* s'approche de la perpendiculaire *CF*, & dans l'autre, que le raïon rompu *CS* s'écarte ou s'éloigne de la perpendiculaire. Il faut donc voir lorſque l'un ou l'autre cas a lieu : cela depend de la diverſité des deux milieux, ſelon que l'un ou l'autre eſt plus denſe ou plus rare, ou bien ſelon que les raïons paſſent plus ou moins difficilement au travers de chacun d'eux. Pour cet effet, il faut remarquer que l'éther eſt le milieu le plus rare par lequel les raïons paſſent ſans aucune difficulté. Enſuite les autres milieux tranſparens les plus communs tiennent cet ordre, l'air, l'eau & le verre ; enſorte que le verre eſt un milieu plus denſe que l'eau, l'eau plus denſe que l'air, & l'air plus denſe que l'éther. Celà poſé, on n'à qu'à obſerver ces deux regles generales. 1°. Lorſque les raïons paſſent d'un milieu moins denſe dans un autre plus denſe, le raïon rompu s'aproche plus de la perpendiculaire ; c'eſt le cas où le raïon incident étant *PC* le raïon rompu eſt *CR*. 2°. Lorſque les raïons paſſent d'un milieu plus denſe dans un autre moins denſe, le raïon rompu s'éloigne de la perpendiculaire ; c'eſt le cas où le raïon incident étant *PC*, le raïon rompu eſt *CS*. Or cette inflexion eſt d'autant plus grande, que les deux milieux ſont differens par rapport à leur denſité. Ainſi les raïons en paſſant de l'air dans le verre, ſouffrent une

plus

plus grande réfraction que lorsqu'ils passent de l'air dans l'eau: cependant dans l'un & l'autre cas, les raïons rompus s'approchent de la perpendiculaire. Pareillement, les raïons passant du verre en l'air, souffrent une plus grande réfraction que lorsqu'ils passent de l'eau dans l'air: mais dans ces cas le raïon rompu s'écarte de la perpendiculaire. Enfin il faut aussi remarquer, que la difference entre l'angle d'incidence & l'angle de réfraction est d'autant plus grande, que l'angle d'incidence est grand, ou bien, plus le raïon incident s'écarte de la perpendiculaire, plus l'inflexion du raïon ou la réfraction sera grande. Il y regne un certain raport qu'on détermine par la géometrie; mais il n'est pas besoin d'entrer dans un tel détail. Ce que je viens de dire suffit pour l'intelligence de ce que j'aurai l'honneur de proposer à *V. A.*

le 22 de Juillet 1760.

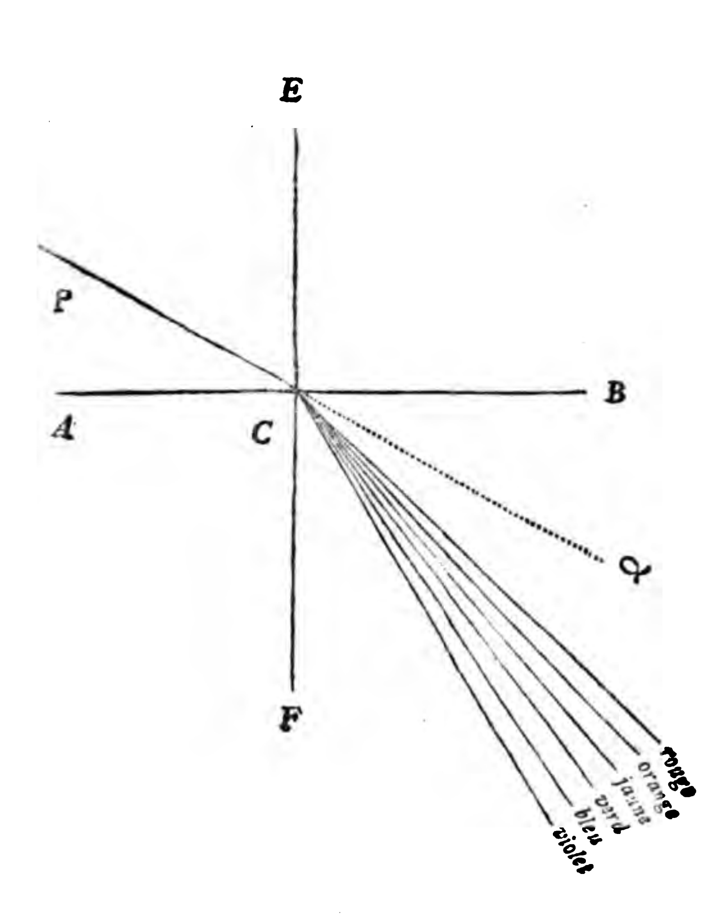
LETTRE XXXI.

V. A. vient de voir, que lorsqu'un raïon de lumiere passe obliquement d'un milieu transparent dans un autre, il souffre une inflexion qu'on nomme réfraction, & que la réfraction dépend tant de l'obliquité d'incidence, que de la diversité des milieux, comme j'ai eu l'honneur de l'expliquer assez amplement. Mais à present je dois faire remarquer à *V. A*, que la diversité des couleurs cause aussi une petite variété dans la réfraction, ce qui provient sans doute de ce que les raïons

des diverſes couleurs, renferment des nombres differens de vibrations rendues en même tems, & qu'ils different entr'eux de la même maniere que les ſons plus ou moins hauts. Ainſi on obſerve que les raïons rouges ſouffrent la moindre inflexion ou réfraction ; après eux ſuivent dans l'ordre, les raïons oranges, les jaunes, les verds, les bleus & les violets ; de-ſorte que les raïons violets ſouffrent la plus grande réfraction, bien entendu lorſque l'obliquité d'incidence eſt la même, & les milieux les mêmes. De là on dit que les raïons des diverſes couleurs ſont aſſujettis à une diverſe réfrangibilité, que les rouges ſont les moins refrangibles, & les violets le plus.

Donc ſi *PC* eſt un raïon qui paſſe, par exemple, de l'air dans le verre, l'angle d'incidence étant *PCE*, le raïon rompu s'approchera de la perpendiculaire *CF* ; & ſi le raïon étoit rouge, le rompu ſeroit *C-rouge ;* s'il étoit orange, le rompu ſeroit C-*orange*, & ainſi des autres, comme on voit dans la figure. Tous ces raïons s'écartent de la ligne *CQ*, qui eſt la continuation de *PC*, vers la perpendiculaire *CF* ; mais le raïon rouge s'écarte le moins de *CQ*, ou ſouffre la moindre inflexion ; & le violet s'écarte le plus de *CQ*, & ſouffre la plus grande inflexion. Or ſi *PC* eſt un raïon du ſoleil, il produit à la fois tous les raïons colorés indiqués dans la figure ; & ſi l'on y tient un papier blanc, on y voit en effet toutes ces couleurs, d'où l'on dit que chaque raïon du ſoleil renferme à la fois

[redacted]



fois toutes les couleurs ſimples. La même choſe arrive ſi *PC* eſt un raïon blanc, ou qu'il vienne d'un corps blanc. On en voit naître, par la réfraction toutes les couleurs : d'où l'on con-

clud,

clud que la couleur blanche eſt un mélange de toutes les couleurs ſimples, comme j'ai déjà eu l'honneur de dire à *V. A.* En effet on n'a qu'à réunir tous ces raïons colorés dans un ſeul point, & on verra renaître la couleur blanche. C'eſt de là que nous apprenons quelles ſont les couleurs veritablement ſimples. La réfraction nous les découvre inconteſtablement. Selon l'ordre de la réfraction, ce ſont 1° la couleur rouge, 2° l'orange, 3° la jaune, 4° la verte, 5° la bleue, 6° la violette. Mais il ne faut pas penſer, qu'il n'y en ait que ſix; car puiſque la nature de chacune conſiſte dans un certain nombre qui exprime le nombre des vibrations rendües dans un certain tems, il eſt clair que les nombres moïens donnent également des couleurs ſimples. Mais ils nous manque des noms propres pour marquer ces couleurs; ainſi entre le jaune & le verd, on voit effectivement des couleurs moïennes, mais que nous ne ſaurions nommer à part. C'eſt ſur ce même principe que ſont fondées les couleurs que nous voïons dans l'arc en ciel. La raiſon en eſt, que les raïons du ſoleil en paſſant par des goutes d'eau qui tombent dans l'air, y ſont réflechis & réfractés, & la réfraction les décompoſe dans les couleurs ſimples. *V. A.* aura ſans doute déjà remarqué que ces couleurs ſe ſuivent dans le même ordre dans l'arc en ciel: le rouge, l'orange, le jaune, le verd, le bleu & le violet; mais nous y découvrons auſſi toutes les couleurs intermediaires, comme des nuances d'une couleur à l'autre; & ſi nous avi-

ons

[redacted]

ons plus de noms pour diſtinguer ces dégrés, nous pourrions nommer plus de couleurs diverſes, d'une extrêmité à l'autre. Peut-être une autre nation plus riche en mots y compte actuellement plus de couleurs diverſes que nous; peut-être auſſi qu'une autre nation en compte moins, ſi par exemple elle n'avoit point de terme pour exprimer l'orange. Quelques uns y ajoutent même le pourpre, qu'on découvre actuellement à l'extrêmité du rouge, & que d'autres comprennent ſous le même nom de rouge.

C.	*D.*	*E.*	*F.*	*G.*	*A.*	*B.*
pourpre.	rouge.	orange.	jaune.	verd.	bleu.	violet.

On peut comparer ces couleurs avec les ſons d'une octave, comme je viens de le repreſenter ici, puiſque les couleurs auſſi bien que les ſons ſe peuvent exprimer en nombres. Il ſemble mème que hauſſant davantage le violet, on revient à un nouveau pourpre, tout comme en montant dans les ſons, on parvient au delà de *B* au ſon *c*, qui eſt une octave audeſſus de *C*. Et comme dans la muſique on donne à ce ton le même nom à cauſe de leur reſſemblance, il en eſt de même dans les couleurs, qui après avoir monté par l'intervalle d'une octave, recouvrent les mêmes noms: ou bien deux couleurs, comme deux tons dont le nombre de vibrations de l'une eſt préciſément le double de l'autre, paſſent

paſſent pour la même couleur, & ont le même nom. C'eſt ſur ce principe que le Pere Caſtel, en France, a voulu imaginer une eſpece de muſique de couleurs. Il a fait un clavecin, dont chaque touche étant touchée, repreſente un morceau teint d'une certaine couleur, & il prétend que ce clavecin, étant bien joüé, pourroit repréſenter un ſpectacle très agréable aux yeux. Il le nomme clavecin oculaire, & *V. A.* en aura déjà quelques fois entendu parler. Pour moi je penſe que c'eſt plutôt la peinture, qui eſt par rapport aux yeux la même choſe que la Muſique aux oreilles; & je doute fort qu'une repréſentation de pluſieurs morceaux de draps teints de diverſes couleurs, puiſſe être fort agableér.

le 27 de Juillet 1760.

LETTRE XXXII.

V. A. vient de voir, que la cauſe de la viſibilité de tous les objets eſt un mouvement de vibration extrêmement rapide, dont les moindres particules ſont agitées dans leurs ſurfaces, & que la fréquence de ces vibrations en détermine la couleur. Il en eſt de même, ſoit que ces moindres particules ſoient agitées par une force intrinſeque, comme il arrive dans les corps luiſans, ou qu'elles reçoivent leur agitation d'une illumination, ou d'autres raïons dont elles ſont éclairées, comme il arrive dans les corps opaques. Or la fréquence ou la rapidité des vibra-

[redacted]

brations dépend de la groſſeur de ces particules & de leur reſſort, de même que la rapidité des vibrations d'une corde, dépend de ſa groſſeur & de ſa tenſion; & ainſi, tant que les particules d'un corps conſervent le même reſſort, elles repréſenteront la même couleur, comme les feuilles d'un plante qui conſervent une couleur verte, tant qu'elle ſont fraiches; mais dès qu'elles commencent à ſe ſécher, le changement du reſſort qui en eſt la cauſe, produit auſſi une couleur différente. Or ſur cet article j'ai déjà eu l'honneur d'entretenir *V. A.* maintenant je vais lui expliquer ce phénomene univerſel, pourquoi le ciel de jour nous paroît bleu? En conſiderant ce phénomene groſſierement, il nous ſemble qu'il ſe trouve là haut une prodigieuſe voute teinte de la couleur bleue, comme les Peintres repréſentent le ciel ſur un plat-fond. Je n'aurai pas beſoin de déſabuſer *V. A.* ſur ce préjugé: un peu de reflexion nous ſuffit, pour nous faire comprendre que le ciel n'eſt pas une voute bleüe, à laquelle ſoient affichées les étoiles comme de clous luiſans. *V. A.* eſt plutôt convaincüe, que les étoiles ſont des corps immenſes, qui ſe trouvent à des diſtances très éloignées de nous, & qui ſe meuvent librement dans une eſpace preſque vuide, ou qui n'eſt rempli que de cette matiere ſubtile, qu'on nomme l'éther. Or je ferai voir à *V. A.* que la cauſe de ce bleu du ciel doit étre cherchée dans notre atmoſphere, entant qu'elle n'eſt pas parfaitement tranſparente. S'il étoit poſſible de s'élever toujours plus haut, au de-

deſſus de la ſurface de la terre, d'a-bord l'air deviendroit de plus en plus rare ; enſuite il ne ſeroit plus propre à entretenir notre reſpiration ; & enfin il ſe perdroit tout-à-fait, & alors on ſe trouveroit dans l'éther pur. Auſſi en montant ſur de hautes montagnes, le mercure dans le barometrre deſcend de plus en plus, l'atmoſphere devenant plus legere ; & alors on remarque auſſi que cette couleur brillante bleüe du ciel, devient de plus en plus foible ; & ſi l'on pouvoit monter juſque dans l'éther pur, la couleur bleüe s'évanouïroit tout-à-fait: en regardant en haut, on n'y verroit rien du tout, & le ciel paroîtroit noir, comme pendant la nuit. Car tout nous paroît noir, où aucun raïon de lumiere ne parvient juſqu'à nous. On a donc bien raiſon de demander pourquoi le ciel nous paroît bleu? D'abord il faut convenir, que ſi l'air étoit un milieu parfaitement tranſparent comme l'éther, ce phénomene ne pourroit avoir lieu. Alors nous ne recevrions d'en-haut d'autres raïons que ceux des étoiles ; mais la clarté du jour eſt ſi grande, que la petite lumiere des étoiles nous devient inſenſible ; de même *V. A.* ne verroit pas la flamme d'une bougie pendant le jour, lorſqu'elle eſt aſſez éloignée, pendant que la même flamme nous paroît de nuit fort brillante, & cela encore à des diſtances beaucoup plus grandes. De là il eſt clair, qu'il faut chercher la cauſe du bleu du ciel dans le défaut de la tranſparence de l'air. L'air eſt chargé de quantité de petites particules, qui ne ſont pas

pas tout-à-fait tranſparentes; mais qui étant éclairées par les raïons du ſoleil, en reçoivent un mouvement de vibration, qui produit de nouveaux raïons propres à ces particules; ou bien ces particules ſont opaques, & étant éclairées nous deviennent viſibles elles-mêmes. Or la couleur de ces particules eſt bleüe. Voilà donc l'explication de notre phénomene; c'eſt que l'air contient quantité de petites particules bleües; ou bien on peut dire que les moindres particules ſont bleuâtres, mais d'un bleu extrêmement délié, qui ne devient ſenſible que dans un énorme maſſe d'air. Ainſi dans une chambre, nous n'y appercevons rien de ce bleu; mais quand tous les raïons bleuâtres de tout l'atmoſphere pénetrent à la fois dans nos yeux, quelque déliée que ſoit la couleur de chacun, tous enſemble peuvent produire une couleur très foncée. Celà ſe confirme par un autre phénomene qui ne ſera pas inconnü à *V. A.* En regardant une forêt de près, elle paroit bien verte; mais quand on s'en éloigne elle paroitra de plus en plus bleuâtre. Les forets des montagnes du Harz, qu'on voit à Magdebourg, paroiſſent aſſez bleües, quoiqu'en les regardant de Halberſtade, elles ſoient vertes: la grande étendüe de l'air entre Magdebourg & ces montagnes en eſt la raïſon. Quelque deliées ou rares que ſoient les particules bleuâtres de l'air, il y en a une très grande quantité dans cet intervalle, dont les raïons entrent conjointement dans les yeux, & qui y repreſentent par conſequent une couleur bleüe,

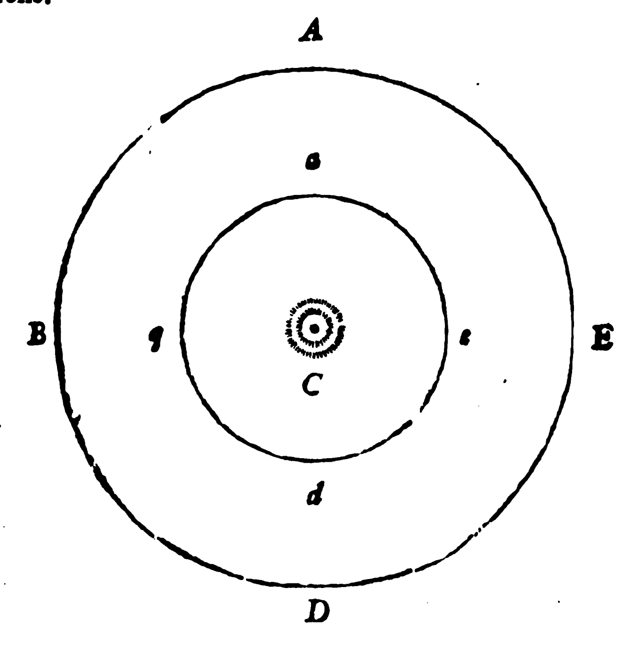
aſſez foncée. Nous remarquons un ſemblable phénomene dans un brouillard, où l'air eſt chargé de quantité de particules opaques, qui ſont blanchâtres. En ne regardant qu'à une petite diſtance, à peine s'apperçoit-on du brouillard, mais lorſque la diſtance eſt grande, la couleur blanchâtre devient très ſenſible, & même au point qu'on ne voit plus rien à travers. L'eau de la mer, lorſqu'elle eſt aſſez profonde, paroit verte, mais quand on en remplit un verre, elle eſt aſſez claire. La raiſon en eſt viſiblement la même. Cette eau eſt chargée de quantité de particules verdâtres, dont une petite quantité ne produit aucun effet ſenſible; mais dans une grande étendüe, comme ſi l'on regarde dans la profondeur, tant de raïons verdatres joints enſemble, produiſent une couleur foncée.

le 27. de Juillet 1760.

LETTRE XXXIII.

Tant que les raïons cauſés par la rapide vibration des moindres particules d'un corps, ſe meuvent dans le même milieu tranſparent, ils conſervent la même direction, ou bien ils ſe répandent en tout ſens ſelon des lignes droites. On ſe répreſente ces raïons comme les raïons d'un cercle ou plutôt d'une ſphere, qui partant d'un centre s'étendent vers la circonference; & c'eſt à cauſe de cette reſſemblance, qu'on ſe ſert du même nom de raïon, quoiqu'à proprement parler la lumiere ne conſiſte pas en des lignes, mais

mais en des vibrations très rapides, qui ſe continuent ſelon des lignes droites : & par cette raiſon on peut enviſager la lumiere, comme des lignes droites ſortant du point lumineux en tout ſens.



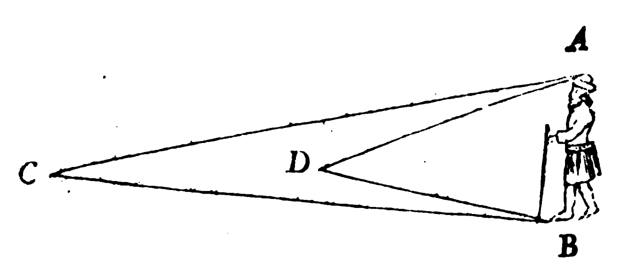
Soit *C* un point lumineux, qui répand ſa lumiere en tout ſens. Que *V*. *A*. ſe repreſente maintenant deux ſpheres décrites autour du centre *C*, & la lumiere qui ſe répand par la ſurface de la petite ſphere *a b d e*, ſera auſſi répandue par la ſurface de la grande ſphere *A B D E*. Il faut donc que la lumiere ſur la

grande ſphere *ABDE*, ſoit plus deliée & plus foible que ſur la petite *abde*, d'où l'on comprend que l'effet de la lumiere doit être d'autant plus petit, qu'on eſt plus éloigné du point lumineux. Si nous ſuppoſons que le raïon de la grande ſphere eſt le double de celui de la petite, la ſurface de la grande ſphere ſera deux fois deux, ou quatre fois plus grande. Donc, puiſque c'eſt la même quantité de lumiere qui eſt répandue par la ſurface de la grande ſphere & par celle de la petite, il s'enſuit que la lumiere, à une diſtance double eſt quatre fois plus foible, à une diſtance triple 9 fois, à une diſtance quadruple 16 fois, & ainſi de ſuite; or 9 eſt 3 fois 3, & 16 eſt 4 fois 4. donc à une diſtance 10 fois plus grande, la lumiere eſt 10 fois 10, c'eſt à dire 100 fois plus foible. Si nous appliquons celà à la lumiere du ſoleil, nous apprenons que ſi la terre étoit deux fois plus éloignée du ſoleil qu'elle n'eſt actuellement, la lumiere ou la clarté du ſoleil deviendroit quatre fois plus foible; & ſi le ſoleil étoit 100 fois plus éloigné de nous, ſa clarté ſeroit 100 fois 100, c'eſt à dire 10000 fois plus petite. Donc ſi nous ſuppoſons qu'une étoile fixe ſoit auſſi grande & auſſi luiſante que le ſoleil, mais qu'elle ſoit 400,000 fois plus éloignée de nous que le ſoleil, ſa lumiere ſera 400000 fois 400000 ou bien 160,000,000,000 fois plus foible que celle du ſoleil: d'où l'on voit que la lumiere d'une ſeule étoile fixe n'eſt rien par rapport à la lumiere du ſoleil; & c'eſt la raiſon, pourquoi nous ne voïons point les étoiles pendant le

jour,

[redacted]

jour, une petite lumiere s'évanouiſſant toujours auprès d'une autre incomparablement plus brillante. Il en eſt de même des chandelles & de tous les corps lumineux, qui nous fourniſſent d'autant moins de clarté, qu'ils ſont plus éloignés de nous, & *V. A.* aura deja remarqué, que quelque forte que ſoit une lumiere, ſi l'on s'en éloigne beaucoup, ſa clarté n'eſt plus ſuffiſante pour lire dans un livre. Or il eſt encore une autre circonſtance étroitement liée avec celle que je viens de rapporter; qui eſt que le même objet nous paroît plus petit, quand il eſt plus éloigné de nous. Un Geant à une grande diſtance, ne paroit pas plus grand qu'un Nain de près. Pour en mieux juger on a égard à des angles.



Ainſi ſuppoſons que *AB* ſoit un objet, par exemple un homme, & qu'un oeil le regarde du point *C*. On tire de ce point des lignes droites *AC* & *BC* qui repreſentent les raïons extrêmes qui parviennent de l'objet dans l'oeil, & l'on nomme l'angle formé en *C*, l'angle viſuel de l'objet vu en *C*. Si l'on regardoit le même objet plus près en *D*, l'angle viſuel *D* ſeroit ſans doute

plus grand, d'où l'on voit, que plus le même objet est éloigné, plus son angle visuel est petit, & plus il nous approche & plus l'angle visuel devient grand. Les Astronomes mesurent très soigneusement les angles visuels sous lesquels nous voïons les corps célestes, & ils trouvent que l'angle visuel du soleil surpasse tant soit peu la moitié d'un degré. Si le soleil étoit deux fois plus éloigné de nous, son angle visuel se réduiroit à la moitié; d'où il ne seroit pas surprenant qu'il nous fournît quatre fois moins de clarté. Et si le soleil étoit 400000 fois plus éloigné de nous, son angle visuel deviendroit autant de fois plus petit, & partant il ne paroitroit pas plus grand qu'une étoile Il faut donc bien distinguer la grandeur vüe d'un objet, de sa veritable grandeur: la grandeur vüe ou apparente est toujours un angle plus ou moins grand, selon qu'il est plus ou moins proche de nous. Ainsi la grandeur du soleil apparente ou vüe, est un angle d'environ un demi dégré, pendant que sa veritable grandeur surpasse plusieurs fois la terre tout entiere; car le soleil étant un globe, on estime son diametre de 172000 Milles d'Allemagne, pendant que le diamètre de la terre n'est que 1720 Milles.

le 29. Juillet 1760.

LETTRE XXXIV.

Ce que j'ai eu l'honneur de proposer à *V. A.* sur le phénomene de la vision, appartient à une science, qu'on appelle Optique, laquelle est une des

des parties des Mathematiques & tient auſſi un rang fort conſiderable dans la Phyſique. Outre les couleurs, dont j'ai tâché d'expliquer la nature, on y traite la doctrine de l'angle viſuel, & *V. A.* aura deja remarqué que le même objet peut être vu, tantôt ſous un grand angle viſuel, tantôt ſous un petit, ſelon qu'il eſt proche, ou éloigné de nous. Je remarque de plus qu'un petit objet peut être vû ſous le même angle qu'un grand objet, lorſque celui-là eſt fort proche & celui-ci fort éloigné: on peut tenir une aſſiette de ſorte qu'elle nous couvre le ſoleil tout entier; vû qu'une aſſiette d'un demipied, à une diſtance de 54 pieds, nous couvre exactement le ſoleil & eſt vüe ſous le même angle viſuel que le ſoleil; or quelle prodigieuſe difference entre la grandeur d'une aſſiette & celle du ſoleil? La pleine lune nous paroit à peu près ſous le même angle viſuel que le ſoleil, & par conſequent à peu près auſſi grande, quoique le ſoleil ſoit beaucoup plus grand que la lune; mais il faut conſiderer, que le ſoleil eſt auſſi preſque 400 fois plus éloigné de nous que la lune.

L'angle viſuel eſt un article d'autant plus important dans l'optique, que les images dont les objets ſe peignent ſur le fond de l'oeil, en dépendent. Plus l'angle viſuel eſt grand ou petit, plus auſſi l'image peinte au fond de l'oeil eſt grande ou petite. Or nous ne voïons les objets hors de nous, qu'autant que leurs images ſont peintes ſur le fond de l'oeil: conſequemment ces

images conſtituent l'objet immédiat de la viſion ou de la ſenſation. Donc un image repreſentée ſur le fond de l'oeil ne nous donne à connoitre que trois choſes. Premierement la figure & les couleurs de l'image nous portent à juger qu'il y a hors de nous un objet ſemblable, d'une telle figure & de telle couleur: en ſecond lieu, la grandeur de l'image nous fait connoître l'angle viſuel ſous lequel l'objet nous paroit: & troiſiemement, le lieu de l'image ſur le fond de l'oeil, nous fait ſentir en quelle direction l'objet ſe trouve hors de nous; ſi c'eſt à gauche ou à droite, en haut ou en bas; ou bien nous en connoiſſons la direction d'où les raions viennent dans nos yeux. C'eſt dans ces trois choſes que toute la viſion eſt contenue, & nous ne ſentons que 1° la figure avec les couleurs, 2° l'angle viſuel ou la grandeur apparente, & 3° la direction ou le lieu vers lequel nous jugeons que l'objet exiſte. Or la viſion ne nous découvre rien ni ſur la veritable grandeur des objets, ni ſur leurs diſtances. Quoiqu'on s'imagine ſouvent qu'on voit la grandeur & la diſtance de quelque objet, ce n'eſt pas un acte de la viſion, mais plutôt un acte du jugement: & les autres ſens, & une longue experience nous mettent en état de juger à quelle diſtance un objet ſe trouve éloigné de nous. Or cette faculté ne s'étend qu'aux objets qui nous ſont aſſez proches. Dès qu'ils ſont fort éloignés, notre jugement n'a plus lieu; & ſi nous voulons hazarder un jugement, nous nous trompons pour l'ordinaire très groſſierement. Ainſi

perſonne

perſonne ne peut dire qu'il voye la grandeur ou la diſtance de la lune, & quand le peuple s'imagine que la lune eſt égale à un fromage de Suiſſe, ce n'eſt pas la viſion qui en eſt la cauſe, mais un jugement fort trompeur; & par un ſemblable erreur il juge la diſtance de la lune, peut-être moindre que celle d'ici à Charlottenbourg. De là il eſt certain que les yeux ou la ſeule viſion, ne décident rien ſur la diſtance & la grandeur des objets. On allegue là deſſus un exemple très remarquable d'un homme né aveugle, auquel on a procuré la vûe par une operation, lorſqu'il étoit dans un age deja avancé. Cet homme fut d'abord tout-à-fait ébloui; il ne diſtingua rien ſur la grandeur & la diſtance des objets; tous lui parurent ſi proches qu'il les vouloit toucher; il lui fallut bien du tems & un long exercice, avant qu'il parvint au veritable uſage de la vûe; il lui fallut un long apprentiſſage, & le même que nous faiſons pendant la plus tendre enfance, & dont nous ne nous ſouvenons plus. Par un tel exercice nous avons appris que le même objet nous paroit plus diſtinct & plus clair lorſqu'il nous eſt plus proche, & de là nous jugeons réciproquement qu'un objet, lorſqu'il nous paroit fort clair & fort diſtinct, nous eſt proche. Or lorſqu'il nous paroit obſcur & peu diſtinct, nous le jugeons éloigné. C'eſt de là que les peintres ſavent fort bien profiter, en repreſentant ſur les tableaux fort clairement & diſtinctement, les choſes que nous devons juger proches, & obſcurément les choſes que nous devons juger éloignées, quoique les

unes & les autres ſe trouvent à une égale diſtance de nous. Auſſi réuſſiſſent-ils parfaitement bien, & nous jugerions preſque que, des choſes que nous voïons ſur un beau tableau, quelques unes ſont beaucoup plus éloignées que d'autres. Cette illuſion ne pourroit avoir lieu, ſi la viſion même nous découvroit la veritable diſtance & la grandeur des objets.

le 1 d'Aout 1760.

LETTRE XXXV.

V. A. vient de voir, que la vüe ſeule ne nous découvre rien ni ſur la veritable grandeur des objets, ni ſur leur diſtance; & que tout ce que nous nous imaginons voir, tant de la grandeur, que de la diſtance de quelque objet, eſt l'effet de notre jugement, & non du ſens de la viſion. Il faut bien diſtinguer ce que les ſens nous repreſentent, de ce que nous y ajoutons par notre jugement, en quoi nous nous trompons très ſouvent. Pluſieurs Philoſophes, qui ont harangué contre la juſteſſe de nos ſens, & en ont voulu prouver l'incertitude de toutes nos connoiſſances, (laquelle Secte eſt nommée le Scepticiſme ou le Pyrrhoniſme) confondent les propres repréſentations de nos ſens, avec notre jugement. Ils diſent: Nous ne voïons pas le ſoleil plus grand qu'un baſſin, quoiqu'il ſoit infiniment plus grand; donc le ſens de la vüe nous trompe; donc tous les ſens nous trompent; au moins ne ſauroit-on s'y fier; donc tou-

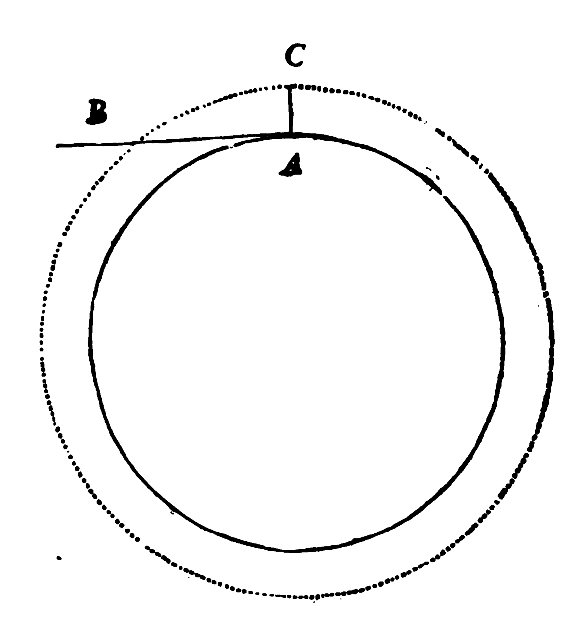
tes

tes les connoiſſances que nous acquerons par le moïen des ſens ſont incertaines & probablement fauſſes; donc nous ne ſavons rien de certain. Voilà le raiſonnement de ces grands Philoſophes ſceptiques, qui ſe vantent tant de leur eſprit, quoique rien ne ſoit plus aiſé que de dire que tout eſt incertain, & que le plus grand ignorant puiſſe réuſſir très heureuſement dans cette ſublime philoſophie. Mais il eſt faux que la vüe ne nous repreſente pas le ſoleil plus grand qu'un baſſin. La vüe n'y décide abſolument rien: ce n'eſt que notre jugement qui s'y trompe. Cependant, quand les objets ne ſont pas fort éloignés de nous, nous ne nous y trompons guere, & tant les autres ſens, que le dégré de clarté dont nous voïons un objet, rendent notre jugement aſſez certain ſur ſa grandeur & ſa diſtance. Or dès que nous établiſſons par notre jugement la diſtance d'un objet, nous formons auſſi celui de ſa veritable grandeur, ſachant que la grandeur apparente, eſt d'autant plus grande, que l'objet eſt plus proche de nous. De là, plus nous jugeons un objet éloigné, plus nous l'eſtimons grand; & réciproquement, plus nous le jugeons proche, plus nous l'eſtimons petit. Lorſqu'il arrive qu'une mouche paſſe tout près devant nos yeux, & que par quelque diſtraction nous la jugeons fort loin, nous la prenons pour un aigle; mais dès que nous revenons pour ainſi-dire à nous mêmes, & que nous nous aviſons que l'objet étoit proche de nous, nous reconnoiſſons la mouche. La raiſon en eſt, que l'angle viſuel d'une

d'une mouche proche, peut être auſſi grand que celui d'une aigle éloignée, & que l'image peinte au fond de l'œil eſt la même. Il y a encore un autre phénomene très bien connu de tout le monde, & qui a occaſionné bien des diſputes parmi les ſavans, dont il eſt à préſent aiſé de donner l'explication. Tout le monde juge la pleine lune, lorſqu'elle ſe leve, plus grande que lorſqu'elle eſt déja montée aſſez haut au ciel, quoique l'angle viſuel & la grandeur apparente ſoient les mêmes. Auſſi le ſoleil en ſe levant ou ſe couchant, paroit-il à tout le monde plus grand qu'à midi; quelle eſt donc la raiſon de ce jugement ſi general & ſi trompeur? C'eſt ſans doute qu'on juge le ſoleil & la lune à l'horizon plus loin de nous, que lorſqu'ils ſont déjà élevés: mais pourquoi juge-t-on de cette ſorte? On répond ordinairement que, lorſque le ſoleil & la lune ſont à l'horizon, nous appercevons tant d'objets entr'eux & nous, qui nous ſemblent augmenter l'éloignement; au lieu que quand le ſoleil ou la lune ſont fort élevés nous ne voïons rien entr'eux & nous, & partant nous les jugeons plus près de nous. Je ne ſai pas ſi ce dénoüement ſatisfera *V. A.* On peut objecter qu'une chambre vuide paroit plus grande qu'une autre fort garnie de meubles, quoiqu'elle ſoit de la même grandeur: donc pluſieurs choſes vues entre un objet & nous, ne produiſent pas toujours l'effet, que nous jugions cet objet plus éloigné. J'eſpere que *V. A.* trouvera celle-cy meilleure.

Que

[redacted]



Que le cercle *A* represente toute la terre; & le cercle ponctué l'atmosphere ou l'air dont la terre est entourée, & que nous nous trouvions au lieu *A*. Cela posé, si la lune est à l'horison, les raions parviennent à nous par la ligne *BA*, mais si elle est au dessus de nous, les raïons viennent selon la ligne *CA*. Dans le premier cas, les raïons traversent dans notre atmosphere le grand espace *BA*, & dans l'autre cas le petit espace *CA*. Or *V. A.* se souviendra que les raïons de lumiere qui passent par un milieu

milieu tranſparent perdent d'autant plus de leur force, que le trajet eſt long. Donc l'atmoſphere ou l'air étant un tel milieu tranſparent, le raïon *BA* perd dans ſon paſſage beaucoup plus de ſa force, que le raïon *CA*. D'où il s'enſuit en general, que tous les corps céleſtes paroiſſent beaucoup moins brillans dans l'horizon, qu'au deſſus de nous. Nous pouvons même regarder directement dans le ſoleil, lorſqu'il eſt à l'horizon; mais dès qu'il monte à une certaine hauteur, nos yeux ne ſauroient plus ſouffrir ſon éclat. Dé là je conclus que la lune à l'horizon paroit plus foible qu'étant élevée. Or *V. A.* ſe ſouviendra de la raiſon des peintures, que le même objet nous paroit plus éloigné lorſque ſa lumiere eſt affoiblie; donc la lune étant à l'horizon nous doit paroitre plus éloignée qu'à quelque hauteur. Maintenant la conſequence eſt manifeſte, que puiſque nous jugeons plus grande la diſtance de la lune à l'horizon, nous devons auſſi juger la lune même plus grande; & en general toutes les étoiles étant près de l'horizon, nous paroiſſent plus grandes, puiſque nous les eſtimons plus éloignées.

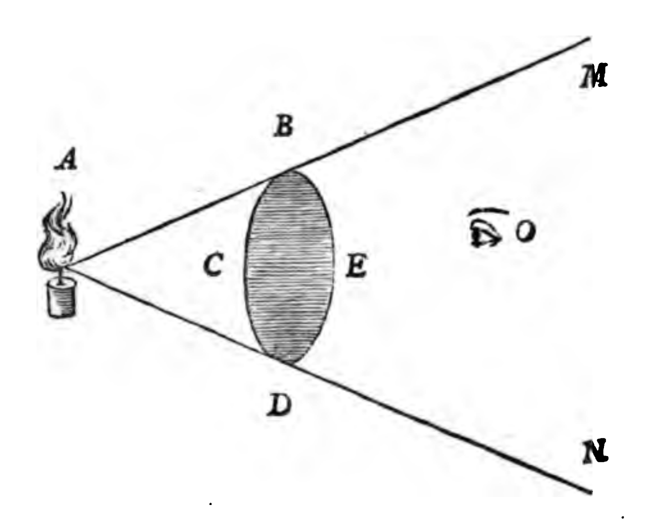
le 3 d'Aout. 1760.

LETTRE XXXVI.

J'ai eu l'honneur d'expoſer à *V. A.* preſque tout ce qu'on eſt accoutumé de traiter dans la ſcience qu'on nomme Optique. Il ne reſte plus qu'un ſeul article ſur l'ombre. *V. A.* connoit déjà trop bien ce qu'on nomme l'ombre, pour que j'aïe

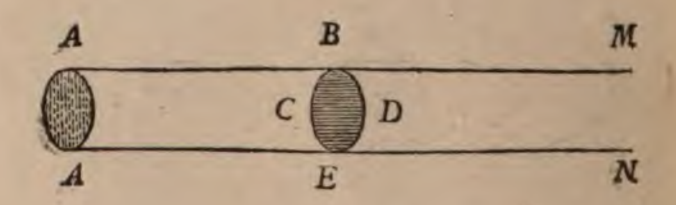
[redacted]

j'aïe beſoin de m'y arrêter beaucoup. L'ombre ſuppoſe toujours deux choſes, un corps luiſant, & un corps opaque qui ne tranſmet point les raïons de lumiere. Le corps opaque empêche donc que les raïons d'un corps luiſant ne parviennent en certains lieux, derriere lui, & ces lieux où les raïons ne parviennent point conſtituent ce qu'on appelle l'ombre du corps opaque, ou ce qui revient au même, l'ombre comprend tous les lieux d'où l'on ne ſauroit voir le corps luiſant, puiſque le corps opaque en intercepte les raïons.



Soit *A* une lumiere, & *BCDE* un corps opaque. Qu'on tire les raïons extrêmes *ABM*, *ADN*. qui touchent le corps opaque ; il eſt évident,

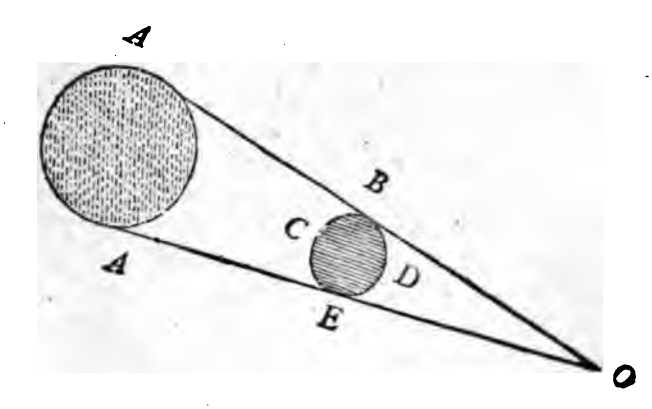
dent, qu'aucun raïon de la lumiere *A* ne sauroit pénetrer dans l'espace *MBEDN*; & en quelque lieu, comme *O*, de cet espace que se trouve un œil, il ne verra pas la lumiere. C'est cet espace, qui est l'ombre du corps opaque, & on voit que cet espace s'élargit de plus en plus, & que cette ombre s'étend à l'infini. Mais si la lumiere elle-même est d'une grande étendue, la détermination de l'ombre est un peu differente. On a trois cas à considerer; le premier quand la lumiere est plus petite que le corps opaque; le second quand elle lui est égale, & le troisieme quand elle est plus grande. Le premier cas est le même que nous venons d'envisager, où la lumiere étoit plus petite que le corps opaque.



Le second est representé par la figure ci-jointe, où *A* est le corps luisant, de la même grandeur que le corps opaque *BCED*. Qu'on tire les derniers raïons *ABM*, *AEN* qui touchent le corps: & tout l'espace *MBEN* sera l'ombre; & par-tout, dans cet espace, il sera impossible de voir le corps luisant. On voit de plus

[redacted]

plus que les lignes *BM* & *EN* ſont parallelles, & que l'ombre s'étend à l'infini, conſervant partout la même largeur.



Pour le troiſieme cas, où le corps luiſant *AA* eſt plus grand que le corps opaque *BCED*, les derniers raions qui touchent *ABO* & *AEO*, concourent enſemble en *O*, & l'eſpace de l'ombre *BOE* devient borné, étant pointu en *O*. Une telle figure eſt nommée conique, & on dit que l'ombre, dans ce cas, eſt conique. Ce n'eſt que dans cet eſpace où la lumiere ne ſauroit pénetrer, & où il eſt impoſſible de voir le corps luiſant. A ce troiſieme cas appartiennent les ombres des corps céleſtes, qui ſont beaucoup plus petits que le corps luiſant, ſavoir le ſoleil qui les éclaire. Ici nous trouvons auſſi un ſujet digne de faire admirer la ſageſſe du Createur. Car ſi le ſoleil étoit plus petit que les planettes,

K leurs

leurs ombres ne feroient pas terminées, mais elles s'etendroient à l'infini, ce qui priveroit des efpaces immenfes de l'avantage d'etre eclairés du foleil. Mais à préfent que le foleil furpaffe tant de fois les planettes, leurs ombres font referrées dans des affés petits efpaces, d'où la lumiere du foleil eft exclüe. C'eft ainfi que la terre & la lune jettent leurs ombres coniques: & il peut arriver, que la lune fe plonge dans l'ombre de la terre, ou tout-à-fait, ou en partie. Quand celà arrive, on dit que la lune eft éclipfée, ou entierement ou en partie. Dans le premier cas, on l'appelle une *eclipfe totale*, dans l'autre une *eclipfe partiale* de lune. Enfuite la lune jette auffi fon ombre, mais qui eft plus petite que celle de la terre; cependant il peut arriver que l'ombre de la lune s'étende jufqu'à la terre; & alors ceux qui font privés de la lumiere du foleil, fouffrent une *éclipfe du foleil*. Ainfi une éclipfe du foleil arrive, lorfque la lune eft la caufe que nous ne voïons pas le foleil, ou tout entier ou en partie. De nuit nous ne voïons plus le foleil, quoiqu'il n'y ait point d'éclipfe; mais alors nous nous trouvons dans l'ombre même de la terre, ce qui caufe pour nous la plus grande obfcurité. Jufqu'ici nous n'avons confideré que les cas où les raïons de lumiere font tranfmis par des lignes droites, ce qui fait l'objet de l'Optique. Or j'ai déjà remarqué que les raïons de lumiere font quelque fois-réflechis, & quelque-fois rompus ou réfractés. *V. A.* fe fouviendra, que lorfque les raïons tombent fur une

surface

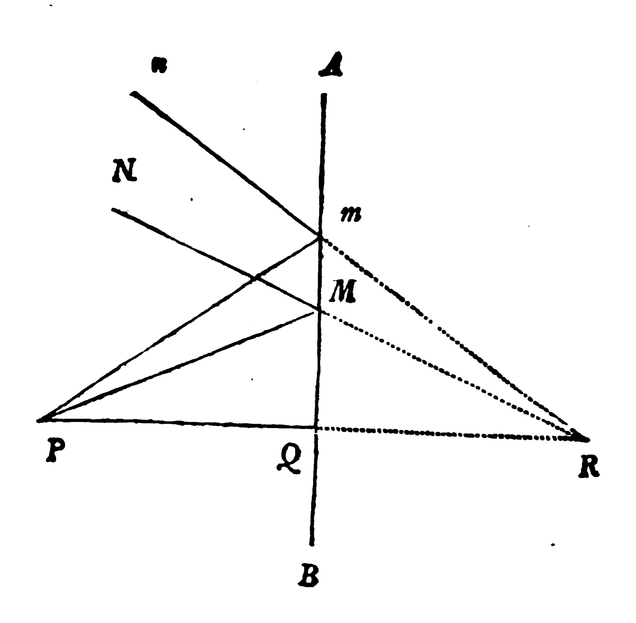
[redacted]

ſurface bien polie, comme celle d'un miroir, ils en ſont réflechis; & lorſqu'ils paſſent d'un milieu tranſparent dans un autre, ils y ſouffrent une réfraction, & ſont *quaſi* rompus. De là naiſſent deux autres ſciences. Celle qui conſidere la viſion qui ſe fait par des raïons réflechis, eſt nommée Catoptrique; & celle qui ſe fait par des raïons rompus, ou réfractés, eſt nommée Dioptrique, pendant que l'Optique explique la viſion qui ſe fait par des raïons directs. J'aurai donc l'honneur de propoſer à *V. A.* le précis de ces deux ſciences, la Catoptrique & la Dioptrique; puiſqu'elles renferment des phénomenes qui ſe preſentent tous les jours, & dont il eſt fort important de ſavoir la cauſe & les propriétés. Tout ce qui regarde la viſion eſt ſans contredit l'objet le plus digne de notre connoiſſance.

le 5 Aout 1760.

LETTRE XXXVII.

La Catoptrique s'occupe de la viſion qui ſe fait par des raïons réflechis. Lorſque les raïons tombent ſur une ſurface bien polie, ils en ſont réflechis, enſorte que les angles de part & d'autre ſont égaux entr'eux.



Pour mettre celà dans tout ſon jour, ſoit *AB* la ſurface d'un miroir ordinaire, & ſoit *P* un point lumineux, dont les raïons *PQ*, *PM*, *Pm*, tombent ſur le miroir. Parmi tous ces raïons, ſoit *PQ* celui qui tombe perpendiculairement ſur le miroir, & qui a cette propriété ſur tous les autres, qu'il eſt réflechi ſur lui même, ſuivant *QP*; de même que ſur un Billard, quand on pouſſe une bille perpendiculairement contre une bande, elle en eſt repouſſée par le même chemin. Or tout autre raïon, comme *PM*, eſt réflechi

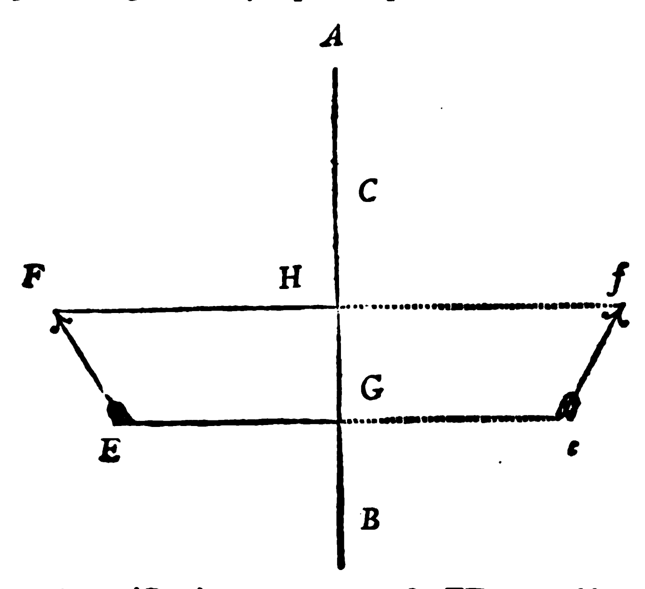
réflechi fur la ligne *MN*, enforte que l'angle *AMN* foit égal à l'angle *BMP*, où il faut remarquer que le raïon *PM* eft nommé le raïon incident, & *MN* le raïon réflechi. De la même maniere, au raïon incident *Pm*, répond a le raïon réflechi *mn*; & par confequent, à caufe de la réflexion, le raïon *PM* eft continüé par la ligne *MN*, & le raïon *Pm*, par la ligne *mn*, de forte qu'on a l'angle *AMN* égal à *BMP*, & l'angle *Amn*, égal à *BmP*; laquelle propriété eft énoncée, enforte qu'on dit que l'angle de réflexion eft toujours égal à l'angle d'incidence. J'ai déjà eu l'honneur de faire remarquer cette belle propriété à *V. A*; mais maintenant je ferai voir quels phénomenes en doivent réfulter dans la vifion. D'abord il eft clair, qu'un œil étant placé en *N* recevra du point lumineux *P* le raïon réflechi *MN*; ainfi le raïon qui y excite le fentiment, vient dans la direction *MN*, de même que fi l'objet *P* fe trouvoit quelque part fur la ligne *NM*; d'où il s'enfuit que l'œil doit voir l'objet *P* dans la direction *NM*. Pour nous éclaircir mieux là-deffus, il faut recourir à la Géometrie, & *V. A.* fe rappellera avec plaifir les propofitions fur lefquelles eft fondé le raifonnement fuivant. Qu'on prolonge le raïon perpendiculaire *PQ* derriere le miroir, jufqu'en *R*; de forte que *QR* foit égal à *PQ*, & je ferai voir que tous les raïons réflechis *MN* & *mn* étant prolongés en arriere, fe réuniffent dans ce point. Car confiderant les deux triangles *PQM*, & *RQM*, ils ont d'abord le côté *MQ* commun;

enſuite le coté *QR* eſt égal au coté *PQ*, & enfin puiſque l'angle *PQM* eſt droit, ſon angle de ſuite *RQM* ſera auſſi droit. Donc ces deux triangles ayant deux côtés égaux avec l'angle intercepté, ſeront auſſi égaux, & partant l'angle *PMQ* ſera égal à l'angle *RMQ*. Or l'angle *AMN* étant oppoſé par la pointe à l'angle *RMQ*, lui eſt égal; il ſera donc auſſi égal à l'angle *PMQ*, qui eſt l'angle d'incidence; ainſi l'angle *AMN* ſera l'angle de réflexion, comme la nature de la réflexion l'exige. De la même maniere on voit que le raïon réflechi *mn*, étant prolongé, paſſe auſſi par le point *R*: Donc tous les raïons du point *P*, qui ſont réflechis du miroir, tiennent précisément la même route que s'ils venoient du point *R*, & produiſent par conſequent dans l'œil le même effet que ſi l'objet *P* étoit effectivement placé derriere le miroir en *R*, ce point ſe trouvant ſur la perpendiculaire *PQR*, autant derriere le miroir, que l'objet *P* eſt en avant. De là *V. A* comprend à préſent très diſtinctement, pourquoi les miroirs repreſentent les objets derriere eux, & pourquoi nous y voïons tous les objets de la même maniere que ſi les mêmes objets ſe trouvoient derriere le miroir, & celà à une diſtance égale à celle dont ils ſe trouvent devant le miroir. C'eſt ainſi que le miroir tranſporte preſque les objets dans un autre lieu, ſans en changer l'apparence. Pour diſtinguer cet objet apparent dans le miroir, du veritable objet, on nomme l'objet apparent *l'image*, & on dit que les images repreſentées

par

par les raïons réflechis, se trouvent derriere le miroir. Cette dénomination sert à mieux distinguer les objets réels, de leurs images que les miroirs nous répresentent : & les images que nous voïons dans les miroirs, sont parfaitement égales & semblables aux objets, à l'exception, que ce qu'il y a dans l'objet à gauche, paroit dans l'image à droite, & réciproquement. Ainsi un homme qui porte l'epée à gauche paroit dans le miroir portant l'épée à droite.

Par ce que je viens de dire, il est toujours aisé d'assigner l'image d'un objet quelconque derriere le miroir.



Car *AB* étant un miroir & *EF* un objet, qui soit une fleche : Qu'on tire des points *E* & *F*

 des

[redacted]

des perpendiculaires *EG* & *FH* ſur la ſurface du miroir, & qu'on les prolonge en *e* & *f*, de ſorte que *EG* = *eG* & *FH* = *fH*, & l'image ſera *ef*, laquelle ſera égale à l'objet *EF*, puiſque la figure quadrilatere *GefH* eſt à tous égards égale à *GEFH*. De là on comprend auſſi, que quand même on retrancheroit du miroir une partie comme *CB*, de ſorte que *AC* fut le miroir, l'image *ef* n'en ſera point changée. Et par conſequent, quand le miroir n'eſt pas aſſez grand pour que les perpendiculaires *EG* & *EF* y puiſſent tomber, il faut concevoir que le plan du miroir ſoit continué, comme on continüe dans la Géometrie les lignes, lorſqu'on y veut tirer des perpendiculaires. Or ce que je viens de dire ne regarde que les miroirs ordinaires, dont la ſurface eſt parfaitement plane. Les miroirs convexes ou concaves produiſent des effets differens.

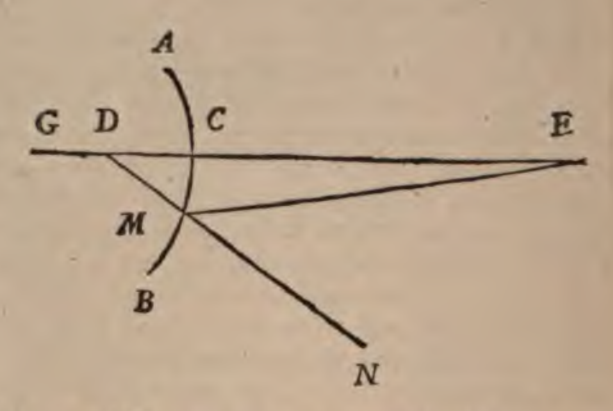
le 7 d'Aout 1760.

LETTRE XXXVIII.

Tout ce qui regarde la réflexion des raïons ſe réduit, comme *V. A.* vient de le voir, à deux choſes; dont l'une eſt le lieu de l'image que les raïons réflechis repreſentent, & l'autre eſt le rapport de l'image à l'objet. Dans les miroirs

roirs

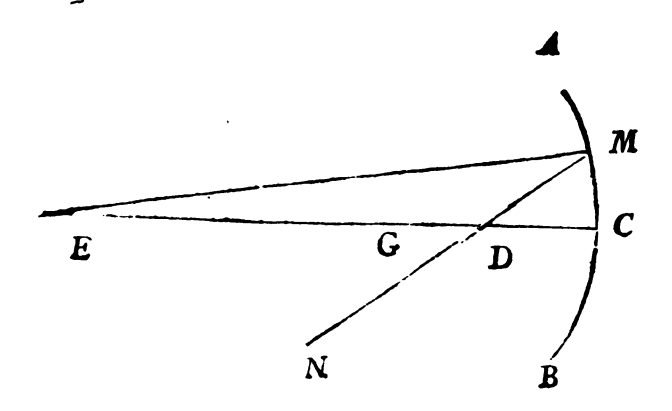
roirs ordinaires ou plans, le lieu de l'image eſt derriere le miroir, à une diſtance égale à celle de l'objet qui ſe trouve devant le miroir ; & l'image eſt égale & ſemblable à l'objet. C'eſt à ces deux choſes qu'il faut avoir égard, lorſque le miroir n'eſt pas plane, mais que ſa ſurface eſt ou convexe ou concave, car alors l'image eſt pour l'ordinaire très déſigurée. *V. A* aura déjà obſervé, que lorſqu'on regarde dans une cuilliere bien polie, ſoit dans ſa ſurface interieure concave, ſoit dans l'exterieure convexe, on voit ſon image fort déſigurée ; mais une boule d'argent bien polie, repreſente aſſés bien les objets, mais plus petits ; or ſi la ſurface interieure d une telle boule eſt bien polie, les objets y paroiſſent plus grands, ſuppoſé qu'ils n'en ſoient pas trop éloignés : car les mêmes objets y pourront auſſi paroître plus petits & renverſés, ſi on les éloigne du miroir. Il n'eſt pas beſoin qu'on prenne un boule entiere, une partie quelconque de la ſurface produit le même effet. Tels miroirs ſont nommés ſphériques, & il y en a de deux eſpeces, des convexes & des concaves, ſelon qu'ils ſont tirés de la ſurface exterieure ou interieure de la ſphere. On fait ces miroirs d'une certaine mixture de quelques métaux, qui eſt ſuſceptible d'un bon poli, au-lieu que les miroirs plans ſont faits d'une table de verre, & couverts d'un côté d'un mercure préparé, pour procurer la réflexion des raïons. Je commence par les miroirs convexes.



Soit *ACB* un miroir, appartenant à une ſphere dont le centre ſoit en *G*. Si l'on place devant ce miroir un objet à une grande diſtance en *E*, ſon image paroîtra derriere le miroir en *D*, qui eſt au milieu du raïon de la ſphere *CG*; & cette image ſera autant de fois plus petite que l'objet, que la ligne *CD* eſt plus petite que la diſtance de l'objet *CE*. Si l'on approche l'objet *E* du miroir, ſon image s'y approchera auſſi. Tout cela ſe démontre par la Geometrie: ſuppoſant qu'un raïon incident quelconque *EM* eſt réflechi enſorte ſelon *MN*, que l'angle *BMN* ſoit égal à l'angle *CME*. Ainſi quand l'œil eſt en *N*, recevant le raïon réflechi *MN*, il verra l'objet *E* ſelon la direction *NM* dans le miroir en *D*; ou bien *D* ſera l'image de l'objet ſitué en *E*, mais qui ſera plus petite. Il eſt auſſi

aiſé

aiſé de voir que plus la ſphere, dont le miroir fait partie, eſt petite, plus auſſi l'image en ſera diminüée.



Je paſſe aux miroirs concaves dont l'uſage eſt très commun en pluſieurs occaſions. Soit *ACB* un miroir, faiſant partie d'une ſphere dont le centre eſt en *G*, & *GC* un raïon. Maintenant concevons un objet en *E*, fort éloigné du miroir: ſon image paroîtra devant le miroir en *D*, au milieu du raïon *CG*; car un raïon de lumiere quelconque *EM*, qui tombe de l'objet *E* dans le miroir au point *M*, y ſera tellement réflechi, qu'il paſſera par le point *D*; & lorſque l'œil eſt placé en *N*, il verra l'image de l'objet en *D*, mais cette image ſera autant de fois plus petite que l'objet, que la diſtance *CD* eſt plus petite que la diſtance *CE*. Or quand on approche l'objet du miroir, l'image s'en éloignera, & l'ob-

jet

jet étant placé au centre même de la ſphere *G*, l'image ſe trouvera auſſi en *G*. Si l'on approche l'objet juſqu'en *D*, l'image s'éloignera au de-là de *E* à l'infini. Mais ſi l'objet ſe trouve encore plus près entre *C* & *D*, l'image tombera derriere le miroir, & paroîtra plus grande que l'objet. Lorſqu'on ſe regarde dans un tel miroir, ſe plaçant entre *D* & *C*, on y voit ſon viſage d'une grandeur affreuſe. Tout celà ſe prouve par la nature de la réflexion, en vertu de laquelle l'angle d'incidence *EMA* eſt toujours égal à l'angle de réflexion *CMN*. C'eſt à cette eſpece de miroirs qu'il faut rapporter les miroirs ardens; & tout miroir concave peut être emploïé à brûler. Cette ſurprenante propriété mérite d'être expliquée plus ſoigneuſement.

Soit *ACB* un miroir concave, dont le centre *G*; & au lieu de l'objet, ſoit le ſoleil en *E*; ſes raïons réflechis repréſenteront l'image du ſoleil en *D*, qui eſt le milieu de *C G*. Or la grandeur de cette image ſera déterminée par les raïons extrêmes *SC*, *SC*. Cette image du ſoleil ſera donc fort petite; & puiſque tous les raïons du ſoleil qui tombent ſur le miroir *ACB* ſont réflechis dans cette image, ils y seront réunis, & auront d'autant plus de force, que l'image *D* ſera plus petite que la ſurface du miroir. Or les raïons du ſoleil, outre la force d'éclairer, ſont doués d'une force d'échauffer; d'où il s'enſuit, qu'il doit ſe trouver en *D* un grand dégré de chaleur; & quand le miroir

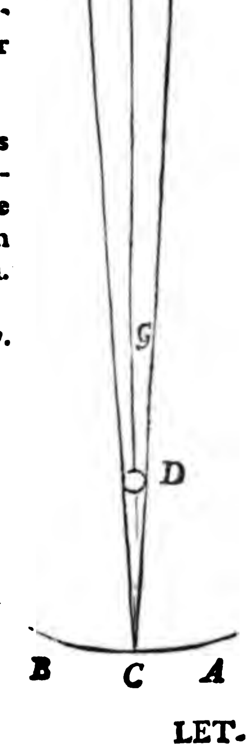
eſt

[redacted]

eſt aſſez grand, cette chaleur peut devenir plus forte que le feu le plus violent. En effet, par le moïen d'un tel miroir on brûle dans un inſtant tous les bois, & on fond même tous les métaux. Ce n'eſt que l'image du ſoleil qui produit ces effets ſurprenans. On nomme communément cette image le foïer du miroir, qui tombe toujours au milieu, entre le miroir & ſon centre *G*.

Il faut bien diſtinguer les miroirs ardens, des verres ardens qui ſeront bien connus de *V. A.* & dont j'aurai occaſion de parler l'ordinaire prochain.

le 9 d'Aout 1760.



LET-

LETTRE XXXIX.

Ayant eu l'honneur d'expoſer à *V. A.* les principaux phénomenes de la Catoptrique, qui réſultent de la réflexion des raïons de lumiere; il me reſte à parler de la Dioptrique, où il s'agit de la réfraction des raïons, qui ſe fait lorſque les raïons paſſent par differens milieux tranſparens. Un raïon de lumiere ne pourſuit ſa route en ligne droite qu'autant qu'il ſe trouve dans le même milieu. Dès qu'il entre dans un autre milieu tranſparent, il change de direction, plus ou moins, ſelon qu'il y tombe plus ou moins obliquement. Il n'y a qu'un ſeul cas, où il conſerve ſa route rectiligne, qui eſt lorſqu'il entre perpendiculairement dans l'autre milieu. Les inſtrumens qu'on conſidere principalement dans la Dioptrique, ſont des verres tels qu'on met en uſage dans les lunettes & microſcopes. Ces verres ſont ronds comme des cercles, mais aïant deux faces. Tout revient à la figure de ces deux faces qui eſt ou plane, ou convexe, ou concave. Or tant la figure convexe, que la concave, faît partie d'une ſphere dont il faut connoître le raïon, qui eſt preſque la meſure de la convexité & de la concavité. Cela remarqué, on a pluſieurs eſpeces de ces verres dioptriques.

La premiere eſpece N° I. eſt celle où les deux faces ſont planes. En coupant un cercle dans un miroir, on aura un tel verre, qui ne change rien dans les objets. La ſeconde eſpece N° II. a une ſurface plane & l'autre convexe

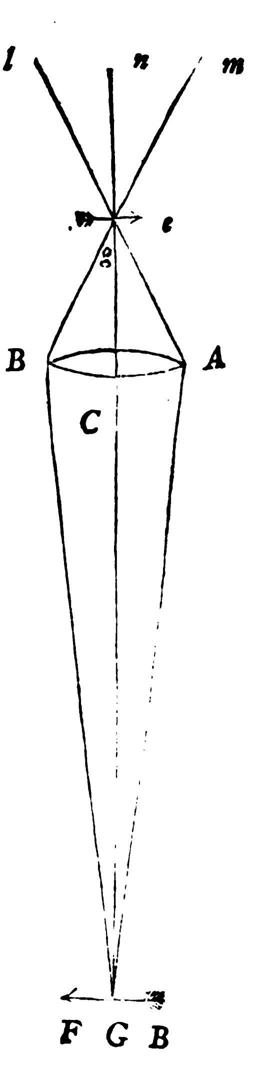
I. II. III. IV. V. VI VII.

convexe; on nomme ces verres *plano-convexes*. La troisieme espece N° III. a une face plane & l'autre concave; ces verres sont nommés *plano-convexes*. La quatrieme espece N° IV. est celle où les deux faces sont convexes; on les nomme *convexo-convexes*. La cinquieme espece N° V. a les deux faces concaves; on nomme ces verres *concavo-concaves*. Les especes N° VI. & VII. ont une face convexe & l'autre concave; ces verres sont nommés *menisques*. Or tous ces verres se rapportent à deux classes, dont l'une renferme ceux où la convexité prévaut, comme N° II. IV. VI. & l'autre où la concavité a le dessus, comme N° III. V, VII. Ceux là sont nommés simplement convexes, & ceux-ci simplement concaves. Ces deux classes se distinguent par la propriété suivante.

Soit *AB* un verre convexe, qu'on expose à un objet *EF* fort éloigné, dont les raïons *GA*, *GC*, *GB*, tombent sur le verre, & en y passant souffrent la réfraction, qui se fera ensorte que les raïons sortis du point *G*, se réunissent par la réfraction, derriere le verre en *g*. La même



même chose arrivera aux rayons qui sortent de chaque point de l'objet. Par cette alteration, tous les rayons réfractés *Al*, *Bm*, C*n*, poursuivront la même route, que si l'objet étoit en *egf*, dans une situation renversée, & qu'il fût autant de fois plus petit, que la distance *Cg* est moindre que la distance de CG. On dit donc qu'un tel verre représente l'objet EF derriere lui en *ef*, & on nomme cette répresentation *l'image*, laquelle est par consequent renversée & autant de fois plus petite que l'objet même, qu'elle est plus proche du verre que l'objet. De là il est clair, que si le soleil tient lieu de l'objet, l'image representée en *ef* sera celle du soleil; quoique très petite, elle sera si brillante, qu'on ne sauroit la regarder sans être ébloui: car tous les rayons qui traversent le verre, se réunissent dans cette image, & y exercent leur double force d'éclairer& d'échauffer. La chaleur y est à



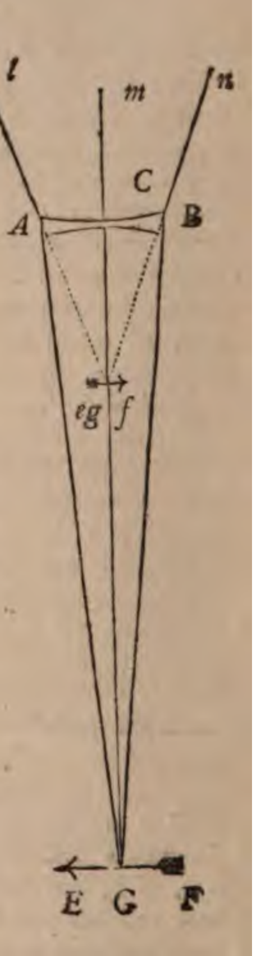
peu

peu près autant de fois plus grande, que la ſurface du verre ſurpaſſe la grandeur de l'image du ſoleil, qu'on nomme ſon foier ; d'où, ſi le verre eſt fort grand, on peut faire des prodiges par la force de la chaleur. Des matieres combuſtibles miſes au foier d'un tel verre ſont brûlées dans un inſtant. Les métaux y ſont fondus, & même réduits en verre, & on produit par ces verres ardens des effets beaucoup ſuperieurs à tout ce qu'on eſt en état de faire par le feu le plus violent. La raiſon en eſt la même que celle des miroirs ardens. Dans les uns & les autres, les raïons du ſoleil répandus ſur la ſurface tout entiere du miroir ou du verre, ſont réunis dans le petit eſpace de l'image du ſoleil. La ſeule difference eſt que, dans les miroirs, cette réunion ſe fait par la réflexion, & dans les verres par la réfraction. C'eſt l'effet des verres convexes, qui ſont plus épais au milieu qu'aux extremités, tels que j'ai repreſentés N° II. IV. & VI. Or les verres des N° III. V. & VII. qui ſont plus épais aux extrémités qu'au milieu, qu'on nomme ſimplement concaves, produiſent un effet contraire.

Soit un tel verre *ACB*. Si l'on expoſe à une grande diſtance l'objet *EGF*, les raïons *GA*, *GC*, *GB*, qui ſortent du point *G*, ſont tellement rompus par le verre en *l*, *m*, & *n*, comme s'il venoient du point *g* ; & un œil placé derriere le verre, comme en *m*, verra l'objet de la même maniere que s'il étoit placé debout en *egf*, mais

autant de fois plus petit, que la diſtance CG ſurpaſſe la diſtance Gg. Donc, comme les verres convexes repreſentent l'image des objets fort éloignés derriere eux, les verres concaves la repreſentent devant eux; ceux là renverſée & ceux-ci debout. Or, dans les uns & dans les autres, l'image eſt autant de fois diminüée, qu'elle eſt plus proche du verre que l'objet même. C'eſt ſur cette propriété des verres, qu'eſt fondée la conſtruction de tous les Microſcopes & Téleſcopes ou Lunettes.

le 11 d'Aout 1760.

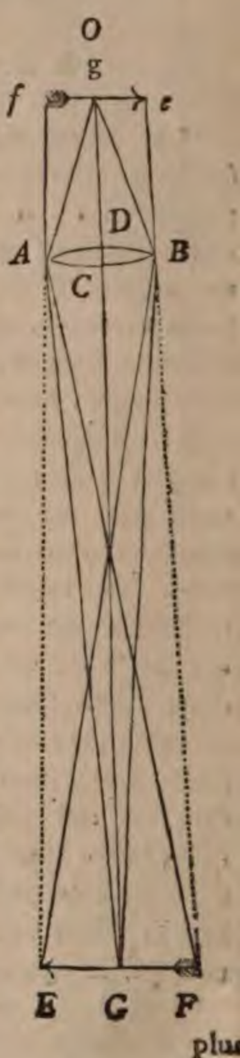


[redacted]

LETTRE XL.

Les verres convexes me fourniſſent encore quelques remarques, que j'aurai l'honneur de propoſer à *V. A.* Je parle ici en general des verres convexes qui ſont plus épais au milieu qu' aux extrémités, ſoit que toutes les deux faces ſoient convexes, ou qu'une des deux ſoit plane & l'autre convexe, ou même une concave & l'autre convexe, mais en ſorte que la convexité ſurpaſſe la concavité; où que l'épaiſſeur au milieu, ſoit plus grande qu'aux extrêmités. On ſuppoſe outre celà, que les faces de ces verres ſoient travaillées d'une figure circulaire, ou plutôt ſphérique. Ces verres ont d'abord cette propriété; qu'étant expoſés au ſoleil, ils préſentent derrière eux un foïer, qui eſt l'image du ſoleil, doüée d'une double force d'éclairer & de brûler. La raiſon en eſt que tous les raïons qui partent d'un point du ſoleil, ſont réunis par la réfraction du verre, dans un ſeul point. La même choſe arrive, quelqu'autre objet qu'on expoſe à un tel verre; il en préſente toujours une image qu'on voit au lieu de l'objet même. Tout celà deviendra plus clair par la figure ſuivante.

Soit *ABCD* un verre convexe, devant lequel ſe trouve un objet *EGF*, dont il ſuffira de conſiderer les trois points E, G, F. Les raïons qui du point E tombent ſur le verre, ſont renfermés dans l'eſpace *AEB*; & dans le réfraction tous ſont réduits dans l'eſpace *AeB*; de ſorte qu'ils ſont réunis dans le point *e*. De la même maniere les raïons du point G qui tombent ſur le verre, rempliſſent l'eſpace *AGB*, & ceux-ci ſont réduits par la réfraction dans l'eſpace *AgB*, ſe réuniſſant au point *g*. Enfin les raïons du point F qui tombent ſur le verre dans l'angle *AFB*, ſont rompus enſorte qu'ils ſe réuniſſent au point *f*. De cette maniere on aura l'image *egf*, dans une ſituation renverſée derriere le verre, & un œil placé derriere cette image, comme en O, ſera affecté de la même maniere que ſi l'objet ſe trouvoit en *egf*, renverſé, & autant de fois



plus

plus petit, que la distance *Dg* est plus petite que la distance *CG*. Pour juger du lieu de l'image *egf*, il faut avoir égard tant à la nature du verre, qu'à la distance de l'objet. Pour le premier, plus le verre est convexe, c'est-à-dire plus l'épaisseur du milieu *CD* surpasse celle des extrêmités, plus l'image est proche du verre. Pour l'autre, il faut remarquer, que si l'on approche l'objet *EF* du verre, l'image *ef* s'en éloigne, & réciproquement; l'image ne sauroit se trouver plus près du verre, que lorsque l'objet en est fort éloigné. Elle se trouve alors à la même distance, que l'image du soleil qu'on nomme le foïer du verre. Donc si l'objet est fort éloigné, l'image tombe dans le foïer même, & plus on approche l'objet du verre, plus aussi l'image s'en éloigne, & cela selon une regle démontrée dans la Dioptrique, par le moïen de laquelle on peut toujours assigner le lieu de l'image pour toutes les distances de l'objet, pourvu qu'on connoisse le foïer du verre, ou la distance à laquelle tombe l'image du soleil où s'exerce la force de brûler. Or cette distance se trouve aisément par l'experience. C'est de là qu'on tire la dénomination des verres, en disant un tel verre à son foïer à la distance d'un pouce, un autre à la distance d'un pied, un autre à la distance de dix pieds, & ainsi de suite. Les longues lunettes demandent des verres qui aient leur foier à une grande distance; & il est très difficile de faire des tels verres, qui soient bons. J'ai autrefois païé 150 Ecus pour un verre qui avoit son foïer à la

la diſtance de 600 pieds, que j'ai envoïé à l'Academie de Petersbourg; & je ſuis bien perſuadé qu'il ne valoit pas grand-choſe, mais on le vouloit à cauſe de la rareté. Pour faire voir à *V. A* que la repreſentation de l'image *egf*, (dans la figure précedente) eſt bien réelle, on n'a qu'a tenir dans ce lieu un papier blanc, dont les particules ſont ſuſceptibles de toutes eſpeces de vibrations, d'où dépendent les couleurs. Alors tous les raïons du point *E* de l'objet, en ſe réuniſſant au point *e*, y mettront la particule du papier dans un mouvement de vibration ſemblable à celui qu'a le point *E*, & par conſequent il s'y formera la même couleur. Pareillement les points *g* & *f* auront les mêmes couleurs que les points *G* & *F* de l'objet, & auſſi on verra, ſur le papier, exprimés tous les points de l'objet, avec leurs couleurs naturelles; ce qui repreſentera la plus exacte & la plus belle peinture de l'objet. Cela réuſſit d'autant mieux dans une chambre obſcure; mettant le verre dans un trou du volet, où l'on pourra voir ſur un papier blanc, tous les objets de dehors ſi exactement peints, qu'on pourrra les ſuivre avec un craïon. Les peintres ſe ſervent d'une telle machine pour deſſiner les païſages & les vües.

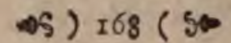
le 13 d'Aout 1760.

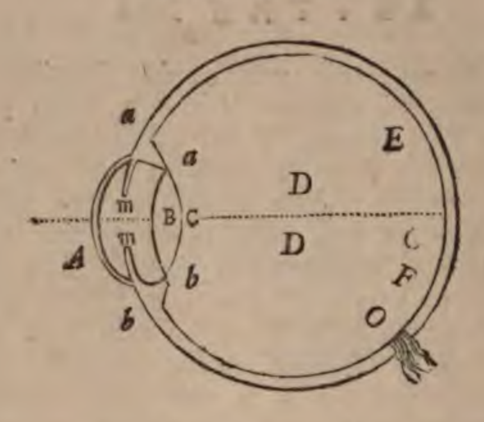
LET-

LETTRE XLI.

Maintenant je me vois en état d'expliquer à *V. A.* de quelle maniere ſe fait la viſion dans les yeux des hommes & de tous les animaux, ce qui eſt ſans doute la choſe la plus merveilleuſe à laquelle l'eſprit humain ait pu pénetrer. Quoiqu'il s'en faille beaucoup que nous la connoiſſions parfaitement, cependant ce peu que nous en ſavons, eſt plus que ſuffiſant pour nous convaincre de la Toute-Puiſſance & de l'infinie ſageſſe du Créateur; & ces merveilles doivent ravir nos eſprits à la plus pure adoration de l'être ſupreme. Nous reconnoîtrons dans la ſtructure des yeux, des perfections que l'eſprit le plus éclairé ne ſauroit jamais approfondir; & le plus habile artiſte ne ſauroit jamais fabriquer une machine de cette eſpece, qui ne ſoit infiniment au deſſous de tout ce que nous découvrons dans les yeux; quand même nous lui accorderions le pouvoir de former la matiere à ſon gré, & le plus haut dégré de pénetration dont un homme peut être ſuſceptible.

Je ne m'arreterai pas ici à la deſcription anatomique de l'œil: il ſuffira à mon deſſein de remarquer que la membrane d'avant *aAa*, eſt tranſparente, & ſe nomme la *cornée*, derriere laquelle on trouve en dedans une autre membrane *am, am*, circulaire, teinte de couleurs qu'on nomme l'iris; au milieu de laquelle eſt un trou *mm*, qu'on nomme la pupille, qui nous





paroit noire au milieu de l'iris (oder des Sterns). Derriere ce trou ſe trouve un corps *bBCa*, ſemblable à un petit verre ardent, parfaitement tranſparent, d'une ſubſtance membraneuſe, qu'on nomme le criſtallin. Derriere le criſtallin, la cavité de l'œil eſt remplie d'une gelée parfaitement tranſparente, qu'on nomme l'humeur vitrée. Or la cavité d'avant, entre la cornée *aAb*, & le criſtalin *ab*, contient une liqueur fluide comme de l'eau, qu'on nomme l'humeur aqueuſe. Voilà donc quatre matieres tranſparentes, par leſquelles les raïons de lumiere qui entrent dans l'œil, doivent paſſer · 1o la cornée, 2o l'humeur aqueuſe, entre *A* & *B*, 3° le criſtalin *bBCa*, & 4o l'humeur vitrée; ces quatre matieres different en denſité, & les raïons paſſant de l'une à l'autre, ſouffrent une réfraction particuliere, & ſont tellement arrangées, que les raïons qui viennent d'un point de quelque objet, ſe réuniſ-

ſent

ſent au dedans de l'œil encore dans un point, & y preſentent une image. Or le fond de l'œil en *EGF* eſt tapiſſé d'un tiſſu blanchâtre, propre pour recevoir les images, comme j'ai remarqué que par le moïen d'un verre convexe, on peut repreſenter ſur un fond blanc les images des objets. C'eſt donc conformement au même principe, que tous les objets dont les raïons entrent dans l'œil, ſe trouvent dépeints au naturel ſur le fond blanchâtre de l'œil, lequel fond eſt nommé la rétine. Quand on prend un oeil de bœuf, & qu'on en ôte les parties exterieures qui couvrent la rétine, on y voit tous les objets dépeints ſi exactement, qu'aucun peintre ne ſauroit les imiter. Et toujours, pour voir un objet, tel qu'il ſoit, il faut que ſon image ſoit dépeinte au fond de l'œil ſur la rétine; & quand, par quelque malheur, il arrive que quelques parties de l'œil ſe gâtent ou perdent leur tranſparence, on devient aveugle. Mais il ne ſuffit pas, pour voir les objets, que leurs images ſoient dépeintes ſur la rétine, il y a des perſonnes qui, non obſtant cela, ſont aveugles; d'où l'on voit que les images dépeintes ſur la rétine ne ſont pas encore l'objet immédiat de la viſion, & que la perception de notre ame ſe fait autre part. La rétine dont le fond de l'œil eſt tapiſſée, eſt un tiſſu des plus ſubtils filets de nerfs qui communiquent avec un grand nerf, qui venant du cerveau, entre en *O* dans l'œil, & qu'on nomme le nerf optique. Par les raïons de lumiere qui forment l'image au fond de l'œil, ces petits nerfs de la

rétine en sont agités, & cette agitation est transmise, par le nerf optique, plus loin jusqu'au cerveau ; & c'est sans doute là, que l'ame tire la perception ; mais le plus adroit Anatomiste n'est pas en état de poursuivre les nerfs jusqu'à leur origine. & cela nous demeurera toujours un mystere qui renferme la liaison de notre ame avec le corps. De quelque maniere qu'on envisage cette liaison, on est obligé de la reconnoître pour le plus éclatant miracle de la Toute-Puissance de Dieu, que nous ne saurions jamais approfondir. Que ces esprits forts, qui rejettent tout ce qu'ils ne peuvent comprendre par leurs esprits bornés, devroient être confondus par cette réflexion !

le 15 d'Aout. 1760.

LETTRE XLII.

J'espere que *V. A.* sera bien aise de contempler avec moi, plus soigneusement, les merveilles que nous pouvons découvrir dans la structure de l'oeil ; & d'abord la pupille nous fournit un très digne objet d'admiration. La pupille est ce trou noir au milieu de l'iris, ou de l'étoile, par lequel les rayons passent dans l'interieur de l'oeil. Plus ce trou est ouvert, plus aussi de rayons peuvent entrer dans l'oeil, & former sur la rétine l'image qui y paroit dépeinte ; & partant cette image sera d'autant plus brillante, que la pupille sera plus ouverte. Or on n'a qu'à regarder bien les hommes dans leurs yeux, pour voir que l'ouverture de leur pupille est tantôt plus grande & tantôt

tantôt plus petite. On remarque generalement, que la pupille eſt fort reſerrée, lorſqu'on ſe trouve dans un grand éclat de lumiere, & qu'elle eſt au contraire fort ouverte, quand on ſe trouve dans un lieu peu éclairé. Cette variation eſt très neceſſaire pour la perfection de la viſion. Quand nous nous trouvons dans une grande lumiere, les raïons étant plus forts, une moindre quantité eſt ſuffiſante pour ébranler les nerfs de notre rétine, & c'eſt alors que la pupille eſt reſerrée. Si elle étoit plus ouverte, & qu'elle admît des raïons en plus grande quantité, leur force ébranleroit trop les nerfs, & cauſeroit de la douleur. C'eſt le cas où nous ne ſaurions regarder dans le ſoleil ſans être éblouis, & ſans une douleur très ſenſible dans le fond de l'oeil. S'il nous étoit poſſible de contracter encore d'avantage la pupille, pour ne recevoir qu'une très petite quantité de raïons nous n'en ſentirions plus d'incomodité; mais la contraction de la pupille ne dépend pas de notre pouvoir. Les aigles ont cet avantage, qu'ils peuvent directement regarder dans le ſoleil, mais auſſi a-t-on remarqué que leur pupille ſe contracte alors tant, qu'elle paroît être réduite à un point. Comme une grande clarté demande une très petite ouverture de la pupille, ainſi plus la clarté diminüe, plus auſſi la pupille s'élargit; & dans l'obſcurité, elle s'ouvre au point, qu'elle occupe preſque toute l'iris. Si l'ouverture demeuroit auſſi petite que dans la clarté, les foibles raïons qui y entreroient, ne ſeroient pas capables d'agiter les nerfs autant que le ſentiment l'exige. Il faut alors

que

que les raïons entrent dans l'oeil en plus grande abondance, pour y produire un effet ſenſible. S'il nous étoit poſſible d'ouvrir la pupille encore davantage, nous pourrions encore bien voir dans une aſſez grande obſcurité. On allegue à cette occaſion l'exemple d'un homme qui après avoir reçu un coup dans l'oeil, eût la pupille tellement élargie, qu'il pouvoit lire & diſtinguer les moindres choſes dans la plus grande obſcurité. Les chats & pluſieurs autres animaux qui font leurs expeditions dans les ténebres, ont la faculté d'élargir leur pupille bien plus que les hommes; & les hiboux ont toujours leurs pupilles trop ouvertes pour qu'ils puiſſent ſupporter un mediocre degré de clarté. Or lorſque la pupille des hommes s'élargit ou ſe reſerre, ce n'eſt pas un acte de leur volonté; & l'homme n'eſt pas le maître d'ouvrir & de contracter la pupille quand il veut. Dès qu'il ſe trouve dans un endroit fort éclairé, ſa pupille ſe contracte; & quand il retourne dans un lieu moins clair ou obſcur, elle ſe dilate; mais ce changement ne ſe fait pas dans un inſtant; il faut attendre quelques minutes, juſqu'a ce quelle s'accommode aux circonſtances. Ainſi *V. A.* aura déjà remarqué, quand Elle eſt paſſée ſubitement d'un grand éclat de lumiere dans un lieu obſcur, comme dans la comedie de Schuch, qu'Elle n'a pu d'abord diſtinguer les perſonnes qui s'y trouvoient. La pupille étoit encore trop étroite, pour que le peu de raïons foibles qu'elle admettoit, fût capable de faire une impreſſion ſenſible; mais peu-à-peu la pupille s'élargiſſoit pour recevoir

aſſez

aſſez de raïons. Le contraire arrive lorſqu'on paſſe ſubitement d'un lieu obſcur dans un grand éclat. Alors la pupille étant trop ouverte, la rétine eſt trop vivement frappée, & on ſe trouve tout-à-fait éblouï, de ſorte qu'on eſt obligé de fermer les yeux. C'eſt donc une circonſtance fort remarquable, que la pupille ſe reſerre & s'élargit, ſelon les beſoins de la viſion, & que ce changement arrive preſque de lui même, ſans que la volonté y ait aucune part. Les Philoſophes qui examinent la ſtructure & les fonctions du corps humain, ſont fort partagés ſur cet article, & il y a peu d'apparence qu'on en découvre jamais la veritable raiſon. Cependant cette variabilité de la pupille eſt un article très eſſentiel à la viſion, ſans lequel elle ſeroit fort imparfaite. Mais nous découvrirons encore bien d'autres merveilles.

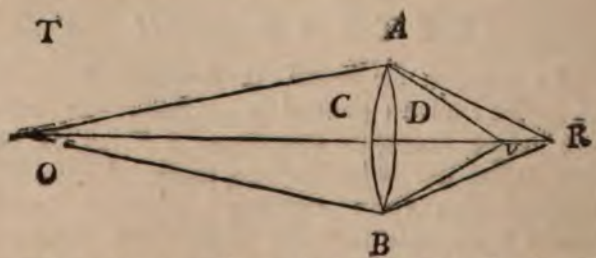
le 17 d'Aout. 1760.

LETTRE XLIII.

Le principe ſur lequel la ſtructure de l'oeil eſt fondée, eſt en general le même, que celui d'où j'ai eu l'honneur d'expliquer à *V. A.* la repreſentation des objets ſur un papier blanc, par le moien d'un verre convexe. L'un & l'autre revient à ce que tous les raïons qui viennent d'un point de l'objet, ſont de nouveau réunis dans un ſeul point par la réfraction; & il ſemble peu important, que cette réfraction ſe faſſe par un ſeul verre, ou par pluſieurs matieres tranſparen-

tes,

tes dont l'oeil eſt compoſé. De là on pourroit même ſoupçonner, qu'une ſtructure plus ſimple que l'oeil, en n'y emploïant qu'une ſeule matiere tranſparente, auroit fourni les mêmes avantages, ce qui feroit une inſtance bien forte contre la ſageſſe du Créateur, qui aſſurément a ſuivi dans ſes ouvrages la route la plus ſimple, & qui a emploïé les moïens les plus propres. Il y a eu des Eſprits forts, & il y en a encore aſſez, qui ſe vantent que ſi Dieu, à la création, avoit demandé leur avis, ils auroient pu lui donner de bons conſeils, & que bien des choſes ſeroient plus parfaites. Ils s'imaginent qu'ils auroient pu fournir un plan plus ſimple, & plus propre pour la ſtructure de l'oeil. J'examinerai cet oeil des eſprits forts, & d'après cet examen, *V. A.* verra très clairement, que cet ouvrage ſeroit très défectueux, & tout à-fait indigne d'être mis en parallelle avec les ouvrages du Créateur.



L'oeil de ces eſprits forts ſe réduiroit donc à un ſeul verre convexe *ACBD*, ſur lequel j'ai bien remarqué qu'il raſſemble dans un point tous les les raïons qui viennent d'un point de l'objet, mais cela

cela n'eſt vrai qu'à-peu-près. La figure circulaire, qu'on donne aux faces du verre, a toujours ce défaut, que les raïons qui tombent ſur les extrêmités du verre, ne ſe réuniſſent pas au même point que ceux qui paſſent par le milieu du verre. Il y a toujours une petite difference, preſque inſenſible dans les experiences où nous recevons l'image ſur un papier blanc, mais ſi elle arrivoit dans l'oeil même, elle rendroit la viſion fort confuſe. Ces gens là diſent bien, qu'on pourroit trouver au lieu de la circulaire une autre figure, pour les faces du verre, qui eut cette propriété, qu'elle réunit tous les raïons ſortant du point *O*, de nouveau, dans un point *R*, ſoit qu'il paſſe par le milieu du verre ou par ſes bords. Je conviens que celà ſeroit poſſible; mais ſi le verre avoit cette propriété à l'égard du point *O*, qui ſe trouve à une certaine diſtance *CO* du verre, il ne l'auroit plus pour les points plus ou moins éloignés du verre; & quand même cela ſeroit poſſible, ce qui n'eſt pourtant pas, il eſt très certain, qu'il perdroit cette qualité à l'égard des objets ſitués à côté, comme en T. Ainſi voit-on, que lorſqu'on repréſente les objets ſur un papier blanc, quoique ceux qui ſe trouvent directement devant le verre, comme en *O*, ſoient aſſez bien exprimés, les objets ſitués obliquement devant le verre, comme en T, ſont toujours fort defigurés & confuſément exprimés, ce qui eſt un défaut tel, que le plus habile Artiſte ne ſauroit y remedier. Mais il y en a encore un autre, qui n'eſt pas moins conſiderable. Quand j'ai parlé à *V. A.* des raïons

de

de diverſes couleurs, j'ai remarqué qu'en paſſant d'un milieu tranſparent dans un autre, ils ſouffrent une réfraction differente, & que les raïons rouges ſouffrent la plus petite réfraction, & les violets la plus grande. Ainſi ſi le point *O* étoit rouge, & que ſes raïons en paſſant par le verre *AB* fuſſent réunis au point *R*, ce ſeroit là le lieu de l'image rouge; mais ſi le point *O* étoit violet, la réunion des raïons ſe feroit plus près du verre en *V*. Enſuite, puiſque la couleur blanche eſt un mélange de toutes les couleurs ſimples, un objet blanc mis en *O* formeroit pluſieurs images à la fois, ſituées à diverſes diſtances du point *O*; d'où réſulteroit ſur la rétine une tache colorée, qui troubleroit beaucoup la répreſentation. On obſerve auſſi en effet, que dans une chambre obſcure, lorſqu'on y preſente ſur un papier blanc les objets de dehors, ils y paroiſſent brodés des couleurs de l'arc en ciel: & il eſt même impoſſible de remedier à ce défaut, en n'emploïant qu'un ſeul corps tranſparent. Or on a rémarqué, que cela eſt poſſible par le moïen de differentes matieres tranſparentes; mais ni la Theorie ni la Pratique n'ont encore été portées au point de perfection néceſſaire pour pouvoir executer une telle conſtruction, qui remedieroit à tous ces défauts. Cependant l'oeil que le créateur a fait, n'a aucune de toutes les imperfections que je viens de rapporter, ni pluſieurs autres encore auxquelles l'oeil de l'eſprit-fort ſeroit aſſujetti. D'où l'on comprend la veritable raiſon, pourquoi la ſageſſe divine à emploié

ploié plusieurs matieres transparentes à la formation des yeux : c'est pour les affranchir de toutes les imperfections qui caracterisent les ouvrages des hommes. Quel beau sujet de notre admiration ! & le Psalmiste a bien raison de nous conduire à cette importante demande : Celui qui a fait l'oeil ne verroit-il pas lui même ? & celui qui a fabriqué l'oreille n'entendroit-il point ? Un seul oeil étant un chef d'oeuvre qui surpasse tout l'entendement humain, quelle sublime idée devons nous nous former de celui qui a pourvu non seulement tous les hommes, mais aussi tous les animaux, & même les plus vils insectes de ce merveilleux present, & cela au plus haut degré de perfection !

le 19 d'Aout 1760.

LETTRE XLIV.

L'oeil surpasse donc infiniment toutes les machines que l'adresse humaine est capable de produire. Les diverses matieres transparentes dont il est composé, ont non seulement un degré de densité capable de causer des réfractions differentes, mais leur figure est aussi déterminée ensorte, que tous les raïons sortis d'un point de l'objet sont exactement réunis dans un même point, quoique l'objet soit plus ou moins éloigné, situé devant l'oeil directement ou obliquement, & que ses raïons souffrent une differente réfraction. Le moindre changement qu'on feroit dans la nature & la figure des matieres transparentes, l'oeil per-

droit d'abord tous les avantages que nous venons d'admirer. Cependant les Athées ont la hardiesse de foutenir que les yeux, auffi bien que le monde tout entier, ne font que l'ouvrage d'un pur hazard. Ils n'y trouvent rien qui merite leur attention. Ils ne reconnoiffent aucune marque de fageffe dans la ftructure des yeux. Ils croïent plutôt avoir grande raifon de fe plaindre de leur imperfection, ne pouvant pas voir, ni dans l'obfcurité, ni à travers une muraille, ni diftinguer les plus petites chofes dans les objets fort éloignés, comme dans la lune & les autres corps céleftes. Ils crient hautement que l'oeil n'eft pas un ouvrage fait à deffein, qu'il eft formé au hazard, comme un morceau de limon qu'on rencontre dans la campagne, & qu'il étoit abfurde de dire que nous avons des yeux afin que nous puffions voir, mais que plutôt aiant reçu les membres par hazard, nous en profitons autant que leur nature le permet. *V. A.* apprendra avec indignation de tels fentimens, qui ne font pourtant que trop communs aujourd'hui parmi les gens qui fe croient fages tout feuls, & qui fe mocquent hautement de ceux qui trouvent dans le monde des traces les plus marquées d'un Créateur fouverainement puiffant & fage. Il eft inutile de s'engager dans une difpute avec ces gens là; ils demeurent inébranlables dans leur fentiment, & nient les vérités les plus refpectables. Tant il eft vrai ce que le Pfalmifte dit, que ce ne font que les fous qui difent dans leur coeur qu'il n'y a point de Dieu! Leurs prétentions à l'égard des yeux

des yeux sont aussi absurdes qu'injustes. Rien n'est plus absurde en effet que de vouloir voir les choses au travers des corps par lesquels les raïons de lumiere ne sauroient passer ; & pour ce qui regarde une telle vüe, qui pourroit distinguer dans les étoiles les plus éloignées, les moindres objets, il faut remarquer, que nos yeux sont disposés à nos besoins, & tant s'en faut qu'on prétende davantage, nous devons plutôt regarder ce merveilleux present de l'être suprême avec la plus humble vénération. Au reste afin que nous voïons les objets distinctement, il ne suffit pas que les raïons qui viennent d'un point, soient réunis dans un autre point. Il faut outre celà que ce point de réunion tombe précisément sur la rétine, au fond de l'oeil ; s'il tomboit en deçà ou au delà, la vision deviendroit confuse. Or si pour un certaine distance des objets, ces points de réunion tombent sur la rétine, ceux des objets plus éloignés tombent dedans l'oeil avant la rétine ; & ceux des objets plus proches tomberoient derriere l'oeil. L'un & l'autre cas causeroit une confusion dans l'image dépeinte sur la rétine. Les yeux de chaque homme sont donc arrangés pour une certaine distance. Quelques uns ne voïent distinctement que les objets fort proches de leurs yeux ; ces gens sont nommés *Myops*, & on dit qu'ils ont la vüe courte : d'autres qu'on nomme *Presbytes*, ne voient distinctement que les objets fort éloïgnés ; & ceux qui voient distinctement les objets médiocrement éloignés, ont la vüe bonne. Cependant chaque espece peut tant-soit-peu, par quelque

compression, raccourcir ou allonger les yeux, & par ce moyen, ou approcher ou éloigner la rétine, ce qui les met en état de voir aussi distinctement les objets qui sont un peu plus ou moins éloignés; & c'est aussi un grand secours pour rendre nos yeux plus parfaits, qu'on ne sauroit pas assurément attribuer à un pur hazard. Ceux qui ont la vûe bonne en retirent le plus grand profit, vû qu'ils sont en état de voir distinctement les choses fort éloignées & fort proches. cependant cela ne va pas au delà d'un certain terme, & il n'y a peut être personne qui puisse voir à la distance d'un pouce, ou même encore plus petite. Si *V. A* tenoit une écriture si près devant les yeux, Elle n'en verroit les caractères que très confusément. Mais je crois avoir suffisamment entretenu *V. A.* sur cette importante matiere & je suis &c.

le 21 d'Aout 1760.

LETTRE XLV.

Après tout ce que j'ai dit ci-devant sur la lumiere & les raions, j'aurai l'honneur d'entretenir *V. A.* d'une propriété generale de tous les corps que nous connoissons; c'est celle de la gravité ou pesanteur. On remarque que tous les corps, tant solides que fluides, tombent en bas dès qu'ils ne sont plus soutenus. Quand je tiens une pierre dans la main, & que je la lâche, elle tombe à terre, & tomberoit encore plus loin, s'il y avoit un trou dans la terre. Dans le tems même que j'écris ceci, mon papier tomberoit à terre s'il n'étoit soutenu par ma table.

[redacted]

table. La même chose arrive à tous les corps que nous connoissons. Il n'en est aucun qui ne tomberoit à terre, dès qu'il n'est plus soutenu ou arrêté. La cause de ce phénomene ou de ce penchant qui se trouve dans tous les corps, est nommée leur gravité ou leur pesanteur. Quand on dit que tous les corps sont graves, on entend qu'ils ont un penchant à tomber, & qu'ils tomberont tous en effet, dès qu'on ôte ce qui les a soutenus jusqu'ici. Les anciens n'ont pas assez connu cette proprieté. Ils ont crû qu'ils y avoit aussi des corps, qui par leur nature montent en haut, comme nous le voïons dans la fumée & les vapeurs, qui au lieu de descendre, montent plutôt en haut; & ils ont nommé ces corps legers, pour les distinguer des autres qui ont un penchant à tomber. Mais dans ces derniers tems, on a reconnu que c'est l'air qui pousse cette matiere en haut; car dans un espace vuide d'air, qu'on fait par le moïen de la machine pneumatique, la fumée & les vapeurs descendent aussi bien qu'une pierre, d'où suit que ces matieres sont par leur nature aussi bien graves & pesantes que les autres. Or quand elle montent dans l'air, il leur arrive la même chose que lorsqu'enfonçant du bois sous l'eau non-obstant sa pesanteur, il remonte en haut, & nage sur l'eau dès que je l'abandonne. La raison est que le bois est moins pesant que l'eau; & c'est une regle generale, que tous les corps montent dans un fluide qui est plus pesant qu'eux: Dans un vase rempli de vif-argent si l'on

y jette quelques morceaux de fer, de cuivre, d'argent & même de plomb ils y furnagent, & y étant fubmergés ils remontent d'eux mèmes: l'or feul y tombe au fond, parce qu'il eft plus pefant que le vif-argent. Donc, comme il y a des corps qui montent dans l'eau ou dans un autre fluide, non-obftant leur gravité, & cela par la feule raifon qu'ils font moins pefans que l'eau ou autre fluide, il n'eft pas furprenant que certains corps qui font moins pefans que l'air, tel que la fumée ou les vapeurs, y montent. J'ai déjà eu l'honneur de faire remarquer à *V. A.* que l'air lui même eft pefant, & que c'eft par fa pefanteur qu'il foutient le mercure dans le baromètre. Ainfi quand on dit que tous les corps font pefans il faut entendre que tous les corps, fans en excepter aucun, tomberoient en bas dans une efpace vuide d'air. Je pourrois même ajouter qu'ils y tombent avec une égale rapidité; car fous une cloche de verre dont on pompe l'air, un ducat & une plume tombent avec une égale vîteffe; mais c'eft ce dont je parlerai plus amplement dans la fuite. On pourroit objecter contre cette proprieté generale des corps, qu'une bombe lancée par un mortier, ne tombe pas d'abord à terre comme une pierre que je laifferois tomber de ma main, mais qu'elle monte en haut: mais veut-on inferer de là, que la bombe n'a point de pefanteur? il n'eft que trop évident, que c'eft la force de la poudre qui pouffe la bombe en haut, fans quoi elle tomberoit fûrement à l'inftant. Nous voions même que la bombe ne monte pas toujours, mais

mais que dès que la force qui la pouſſe en haut, ceſſe, la bombe tombe en effet & écraſe tout ce qu'elle rencontre: ce qui eſt une preuve complette de ſa peſanteur. Donc, quand on dit que tous les corps ſont peſans, on ne nie pas qu'ils ne puiſſent être arrêtés, ou même jettés en haut; mais cela ſe fait par des forces étrangeres aux corps, & il demeure toujours certain que tout corps, quel qu'il ſoit, dès qu'il eſt abandonné à lui même & en repos ou ſans mouvement, tombera certainement auſſitôt qu'il ne ſera plus ſoutenu. Sous ma chambre eſt une cave, mais mon plancher me ſoutient & m'empèche d'y tomber. Si mon plancher ſe pourriſſoit ſubitement, & que la voute de ma cave s'éboulât en même tems, je ſerois infailliblement bientôt précipité dans ma cave: cela vient de ce que mon corps eſt peſant, de même que tous les autres corps que nous connoiſſons. Je dis *que nous connoiſſons*, car peut-être y auroit-il des corps ſans peſanteur, comme les corps des anges qui ſont apparus autrefois; un tel corps ne tomberoit pas, quand même on lui ôteroit le plancher; & il marcheroit auſſi facilement en haut dans l'air, qu'ici bas ſur la terre. Ces corps exceptés, que nous ne connoiſſons pas, la propriété generale de tous ceux que nous connoiſſons, eſt la peſanteur, en vertu de laquelle ils ont tous un panchant à tomber, & tombent effectivement, dès que rien ne s'oppoſe à leur chûte.

le 23. Aout 1760.

LETTRE XLVI.

V. A. vient de voir que la gravité est une proprieté generale de tous les corps que nous connoissons, & qu'elle consiste dans un panchant qui par une force invisible les pousse en bas. Les Philosophes disputent beaucoup, s'il est effectivement une telle force qui agisse d'une maniere invisible sur les corps & les pousse en bas, ou si c'est plutôt une qualité interne renfermée dans la nature même de tous les corps, & comme un instinct naturel qui les détermine à descendre. Cette question revient à celle-ci, si la cause de la pesanteur se trouve dans la nature même de chaque corps, ou si elle existe hors d'eux, de sorte que si elle venoit à manquer, le corps cesseroit d'être pesant? ou plus simplement encore: on demande si la cause de la pesanteur existe dans les corps ou hors d'eux? Or avant que d'entrer dans cette dispute, il est nécessaire d'examiner plus soigneusement toutes les circonstances dont la pesanteur des corps est accompagnée. D'abord je remarque que lorsqu'on soutient un corps pour empêcher qu'il ne tombe actuellement, comme si l'on pose le corps sur une table, cette table éprouve la même force avec laquelle le corps voudroit tomber, & quand on attache le corps à un fil qu'on tient suspendu, le fil est tendu par la force qui pousse le corps en bas, c'est à dire par sa pesanteur, de sorte que si le fil n'étoit pas assez fort, il se déchireroit. De là nous voïons que tous les corps exercent une certaine

taine force sur les obstacles qui les soutiennent & les empêchent de tomber, & que cette force est précisément la même que celle qui feroit tomber le corps s'il étoit libre. Quand on pose une pierre sur une table, cette table en est pressée. On n'a qu'à mettre la main entre la pierre & la table, & on sentira bien cette force qui même est telle, qu'elle pourroit bien devenir assez grande pour écraser la main. Cette force est nommée le poids du corps, & il est clair que le poids ou la pesanteur de chaque corps signifient la même chose, l'un & l'autre marquant la force dont le corps est poussé en bas, soit que cette force existe dans le corps même, ou hors de lui. Nous avons une idée trop claire du poids des corps, pour qu'il soit nécessaire de m'y arrêter davantage : je remarque seulement, que lorsqu'on joint deux corps ensemble, leurs poids sont aussi ajoutés, de sorte que le poids du composé est égal à la somme des poids des parties : d'où nous voions que les poids des corps peuvent être fort différens entre eux. Nous avons même un moien très sûr de comparer les poids des corps entr'eux, & de les mesurer exactement : cela se fait à l'aide d'une balance qui a cette propriété, que lorsque les corps mis dans ses deux bassins sont également pesans, la balance se trouve en équilibre. Pour réussir dans cette comparaison, on établit ici une mesure fixe, qui est un certain poids, comme par exemple une livre, & moiennant une bonne balance, on peut peser tous les corps, & assigner à chacun le nombre

de livres que leur poids contient. Si un corps eſt trop grand pour être mis dans un baſſin de la balance, on le partage, & aïant peſé chacune des parties, on n'a qu'à ajouter enſemble les poids. De cette maniere on pourroit trouver le poids d'une maiſon tout entiere, quelque grande qu'elle ſoit.

V. A. aura dejà remarqué qu'un petit morçeau d'or peſe autant qu'un morçeau de bois beaucoup plus grand; d'où l'on voit que les poids des corps ne ſe reglent pas toujours ſur leurs grandeurs; un corps très petit ſpouvant être d'un grand poids, pendant qu'un autre très grand peſeroit très peu. Chaque corps eſt donc ſuſceptible de deux meſures tout-à-fait differentes. Par l'une on détermine ſa grandeur ou ſon étendue, qu'on nomme auſſi ſon volume, & cette meſure appartient à la Geometrie où l'on enſeigne la maniere de meſurer la grandeur ou l'étendue du corps. Mais l'autre maniere de meſurer les corps, par laquelle on définit leur poids, eſt tout-à-fait differente; & c'eſt par là qu'on diſtingue la nature des differentes matieres dont les corps ſont formés. Que *V. A.* conçoive pluſieurs maſſes de differentes matieres, qui toutes ſoient de la même grandeur ou étendue; que chacune, par exemple, ait la figure d'un cube, dont la longueur, la largeur & la hauteur ſoient d'un pied. Un tel volume, s'il étoit d'or peſeroit 1330 livres, s'il étoit d'argent il peſeroit 770 livres, s'il étoit de fer il peſeroit 500 livres; s'il étoit d'eau, il ne peſeroit que 70 livres; & s'il étoit d'air il ne peſeroit

que

que la douzieme partie d'une livre : d'où *V. A.* voit que les differentes matieres dont les corps ſont compoſés, forment une difference très conſiderable par rapport à leur peſanteur. Pour exprimer cette difference, on emploie certains termes qui pourroient paroître équiveques, ſi on ne les entendoit pas bien. Ainſi quand on dit par exemple que l'or eſt plus peſant que l'argent, il ne faut pas entendre qu'une livre d'or ſoit plus peſante qu'une livre d'argent, car une livre, de quelque matiere qu'elle ſoit, eſt toujours une livre, & a préciſément toujours le même poids ; mais le ſens eſt qu'ayant deux morceaux de la même grandeur, l'un d'or & l'autre d'argent, le poids d'or ſera plus grand que celui d'argent. De même quand on dit que l'or eſt 19 fois plus peſant que l'eau, le ſens eſt qu'aïant deux volumes égaux, l'un d'or & l'autre d'eau, celui qui eſt d'or aura un poids 19 fois plus grand que celui d'eau. Dans cette maniere de parler, on ne dit rien du poids abſolu des corps, mais on n'en parle que par comparaiſon, en ſe rapportant toujours à des volumes égaux. Il n'importe pas même ſi ces volumes ſont grands ou petits, pourvû qu'ils ſoïent égaux.

le 25 Aout 1760.

LETTRE XLVII.

La gravité ou la peſanteur nous paroit ſi eſſentielle à la nature des corps, qu'il nous eſt preſque impoſſible de concevoir l'idée d'un corps qui

qui ne feroit point pefant. Cette qualité entre auffi fi generalement dans toutes nos entreprifes, que par-tout il faut avoir égard à la pefanteur ou au poids des corps. Nous mêmes, foit que nous foïons debout, ou affis, ou couchés, nous fentons continuellement l'effet de la pefanteur de notre propre corps. nous ne tomberions jamais fi notre corps & toutes fes parties n'étoient pas pefantes ou douées de ce panchant qui les porte à tomber en bas, dès qu'elles ne font plus foutenues. Notre langage même eft reglé fur cette proprieté des corps, & nous nommons *en bas* la direction vers laquelle ce panchant des corps eft dirigé. Ce mot n'a pas d'autre fignification & fi ce panchant tendoit vers une autre direction, nous nommerions cette autre direction *en bas*. De même nous nommons la direction oppofée à celle-ci *en haut*, où il faut remarquer que lorfqu'on laiffe tomber librement un corps, il defcend toujours par une ligne droite, fuivant laquelle on dit qu'il eft dirigée en bas. Cette ligne eft auffi nommée *verticale*, qui eft par confequent toujours une ligne droite tirée de haut en bas; & fi nous concevons cette ligne prolongée en haut jufqu'au ciel, nous nommons ce point du ciel notre *Zenith*, qui eft un mot arabe, & fignifie le point du ciel qui eft directement au deffus de notre tête. De là *V. A.* comprend ce que c'eft qu'une ligne verticale; c'eft cette ligne droite par laquelle un corps tombe dès qu'il n'eft plus foutenu. Quand on attache un corps à un fil qu'on tient fer-

me

[redacted]

me par l'autre bout, ce fil étant en repos ſera étendu en ligne droite, qui ſera auſſi la ligne verticale. C'eſt ainſi que les maçons ſe ſervent d'un fil chargé d'une boule de plomb, que par cette raiſon ils nomment un *à plomb*, lors qu'ils élevent des murailles qui doivent être verticales afin qu'elles ne tombent point.

Tous les planchers d'une maiſon doivent être tellement dreſſés, que la ligne verticale y ſoit perpendiculaire; & alors on dit que le plancher eſt *horizantal*, d'où *V. A.* comprend qu'un plan horizontal eſt toujours celui, auquel la ligne verticale eſt perpendiculaire. Quand on eſt dans une plaine parfaite, qui n'eſt bornée par aucune montagne, les extrèmités s'en nomment *l'horizon*, qui eſt un mot grec, lequel marque le terme de notre vue; & cette plaine alors repreſente un plan horizontal, de même que la ſurface d'un lac. On ſe ſert auſſi d'un autre terme pour déſigner ce qui eſt horizontal. On dit qu'une telle ſurface ou ligne eſt à *niveau*. On dit auſſi que deux points ſont à niveau, lorſque la ligne droite qui paſſe par les deux points eſt horizontale, de ſorte que la ligne verticale, ou la ligne à plomb, y ſoit perpendiculaire. Mais deux points ne ſont pas à niveau, lorſque la ligne droite tirée par ces points n'eſt pas hotizontale. Alors l'un de ces deux points eſt plus élevé que l'autre. Cela a lieu dans les rivieres dont la ſurface a une pente, car ſi elle étoit horizontale la riviere ſeroit en repos & ne couleroit point, puiſque toutes les

rivieres

rivieres coulent toujours vers des lieux moins élevés. On a des instrumens par le moien desquels on peut découvrir si deux points sont à niveau, ou si l'un est plus élevé que l'autre, & de combien. On appelle cet instrument simplement un *niveau*, & l'art de s'en servir, l'art de niveller. Si *V. A.* vouloit faire tirer une ligne droite d'un point de son Appartement à Berlin, à un point pris dans son Appartement à Magdebourg, on pourroit par le moien de cet instrument, trouver si cette ligne seroit horizontale, ou si l'un des deux points seroit plus ou moins éleve que l'autre. Je crois que le point de Berlin seroit plus élevé que celui de Magdebourg. Je fonde ce sentiment sur le cours des rivieres de la Sprée, de l'Havel & de l'Elbe. Puisque la Sprée coule dans la Havel, il faut que la Havel soit plus basse que la Sprée; & par la même raison l'Elbe doit être plus basse que la Havel: d'où il s'ensuit que Berlin est plus élevé que Magdebourg, c'est à dire au rez de chaussée, car si l'on tiroit une ligne droite du rez de chaussée de Berlin au sommet du clocher du Dohm de Magdebourg, peut-être cette ligne seroit elle horizontale.

De là *V. A.* peut comprendre aussi combien est utile l'art de niveller, lorsqu'il s'agit de la conduite des eaux: car puisque l'eau ne sauroit couler que d'un lieu plus élevé vers un lieu qui l'est moins, avant de creuser le canal par le quel on veut que l'eau coule, il faut être bien

assuré

aſſuré qu'une extrêmité eſt plus élevée que l'autre, ce qu'on connoîtra par le nivellement. En bâtiſſant même une ville, il faut arranger les rues de ſorte, qu'elles aient un pente vers un côté, afin que l'eau s'écoule. Il n'en eſt pas ainſi dans les bâtimens, où l'on veut que les planchers des appartemens ſoient parfaitement de niveau & n'aient aucune pente, parce qu'il ne s'y agit pas de faire écouler l'eau, à moins que ce ne ſoit dans les écuries, où l'on donne une pente aux planchers. Les Aſtronomes ſont auſſi fort attentifs ſur les planchers de leurs Obſervatoires, qui doivent être parfaitement au niveau, afin de repondre à l'Horizon réel qu'on voit au ciel, la ligne verticale prolongée en haut lui marquant ſon Zenith.

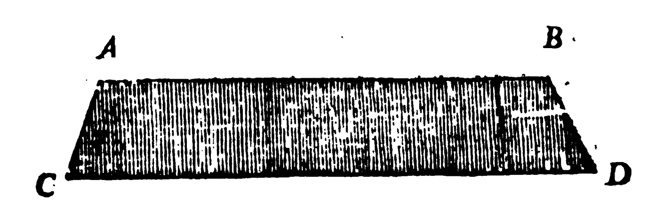
le 27 Aout 1760.

LETTRE XLVIII.

V. A. n'ignore pas, que la terre tout entiere a à-peu-près la figure d'un globe : car quoique dans ces derniers tems on ait découvert que cette figure n'eſt pas parfaitement ſpherique, mais applattie tant ſoit peu vers les poles, la difference eſt ſi petite, qu'elle n'eſt d'aucune conſequence pour le deſſein que j'ai en vue. Auſſi les montagnes & vallées ne troublent pas beaucoup cette figure ſpherique, le globe étant ſi grand, que ſon diametre eſt de 1720. milles d'Allemagne, pendant que la hauteur des plus hautes montagnes excede à-peine un Demi mille.

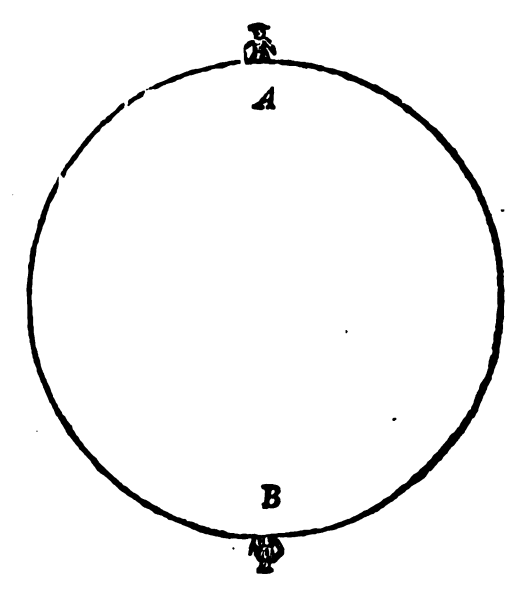
Les





Les Anciens ont fort peu connu la veritabl figure de la terre. La plûpart l'ont regardé com me une grande masse *ABCD* applattie par dessus *AB*, & couverte en partie de terre, & en par tie d'eau. Selon eux cette seule surface *AB* étoit habitable; & il étoit impossible d'aller au del de *A* & *B* qu'ils ont regardé comme les ter mes du monde. Lorsqu'ensuite on a été convainc que la figure de la terre étoit à-peu-près sphe rique, & par tout habitable; de sorte qu'il y avoit des endroits qui nous étoient directement opposés, où les habitans tournoient les pied vers les nôtres, c'est delà qu'on les nomme Antipodes. Ce sentiment éprouva des contradic tions telles, que quelques peres de l'Eglise le regarderent comme une grande heresie, & pro noncerent anathème contre ceux qui croioien l'existence des Antipodes. Aujourd'hui néan moins on passeroit pour sot, si l'on vouloit dou ter de leur existence, de puis sur tout que ce sentiment a été confirmé par les Voiageurs qu ont deja fait plusieurs fois le tour de la terre Mais on rencontre cependant encore dans c systèm

ſiſtême bien des difficultés, qu'il eſt fort important de lever.



Car ſi le cercle ci-joint, dit on, repreſente toute la terre & que nous ſoions en *A*, nos antipodes ſe trouveront diametralement oppoſés à nous en *B*, donc puiſque nous avons la tête en haut & les pieds en bas, il faut que nos antipodes aient les pieds en haut & la tête en bas; ce qui paroit fort etrange; car ceux qui ont fait le tour de la terre, ne s'en ſont pas apperçu dans leurs voiages & ne ſe ſouviennent point d'avoir jamais eu la tête en bas & les pieds en haut. Or ſi l'Antipode en *B* avoit la tête en

haut & les pieds en bas, il toucheroit la terre de sa tête, & marcheroit avec la tête. Dans l'embarras que cause ce phénomene, quelques-uns prétendent l'expliquer par un globe sur la surface duquel on voit souvent marcher des mouches ou d'autres insectes, tant en haut qu'en bas; mais ils ne considerent pas que les insectes qui sont au bas, s'y accrochent par leurs ongles, & qu'ils tomberoient bientôt en bas sans ce secours. D'ailleurs il faudroit que l'Antipode eut des crochets à ses souliers, pour s'accrocher à la terre: cependant quoi qu'il n'en ait point il ne tombe pas plus que nous. En outre, comme nous nous imaginons d'être sur le haut de la terre l'Antipode s'y croit également, & s'imagine que nous sommes en bas. Il est peut-être même aussi en peine pour nous que nous le sommes pour lui, & ne peut pas concevoir, comment nous aiant à ce qu'il pense les pieds en haut & la tête en bas, pouvons vivre & marcher sans avoir des crochets forts à nos souliers. Si quelqu'un en effet vouloit s'accrocher au platfond d'une salle avec les pieds, & laisser pendre sa tête en bas, il faudroit que les crochets de ses souliers fussent bien forts, & malgré cela il feroit une bien triste figure. Je ne voudrois pas être à sa place; car je craindrois trop de me casser le cou, ou du moins le sang qui me couleroit dans la tête me causeroit bien du mal. J'aimerois mieux alors aller plutôt dans le pays de nos Antipodes, parce que je serois assuré d'y être aussi bien qu'ici, & que je ne craindroi

drois pas d'y passer si mal mon tems que si j'étois attaché par les pieds à quelque platfond. Je suis cependant trop vieux pour entreprendre un tel voïage, qui seroit au moins de 2700 Milles d'Allemagne. Mais le pauvre Antipode, pour lequel on est tant en peine de peur qu'il ne tombe en cas que les crochets de ses pieds vinssent à manquer, où tomberoit-il, si le cas arrivoit? on répondroit sans doute qu'il tomberoit *en bas*, mais cet *en bas* s'éloigneroit de plus en plus de la terre, & l'Antipode seroit bien à plaindre, puis qu'il ne trouveroit plus ou mettre ses pieds, & qu'il continueroit de tomber peut-être éternellement. Cette crainte cependant n'a aucun fondement, & jamais on n'a pas encore entendu que nos Antipodes aient fait une si terrible chûte en s'éloignant de plus en plus de la terre : au contraire, quand ils tombent ils tombent comme nous en s'approchant de la terre ; & encore s'imaginent-ils qu'ils tombent alors en bas. Ce n'est donc qu'une illusion de croire que nos Antipodes ont les pieds en haut & la tête en bas, & de nous les figurer comme dans une situation renversée. Cette illusion ne vient que d'une fausse idée que nous attachons aux termes *en bas* & *en haut*. Par tout où nous nous trouvons sur la terre, c'est *en bas*, vers lequel les corps tombent, & le haut lui est contraire. C'est ainsi que j'ai déjà déterminé le sens de ces termes dans ma lettre précedente ; & je crois que cette idée vaut bien la peine d'être plus exactement dévéloppée, afin de pouvoir répondre à toutes

[redacted]

les objections qu'on fait à l'égard des Antipodes, quoique je ne croie pas que *V. A.* se soit beaucoup mise en peine pour eux.

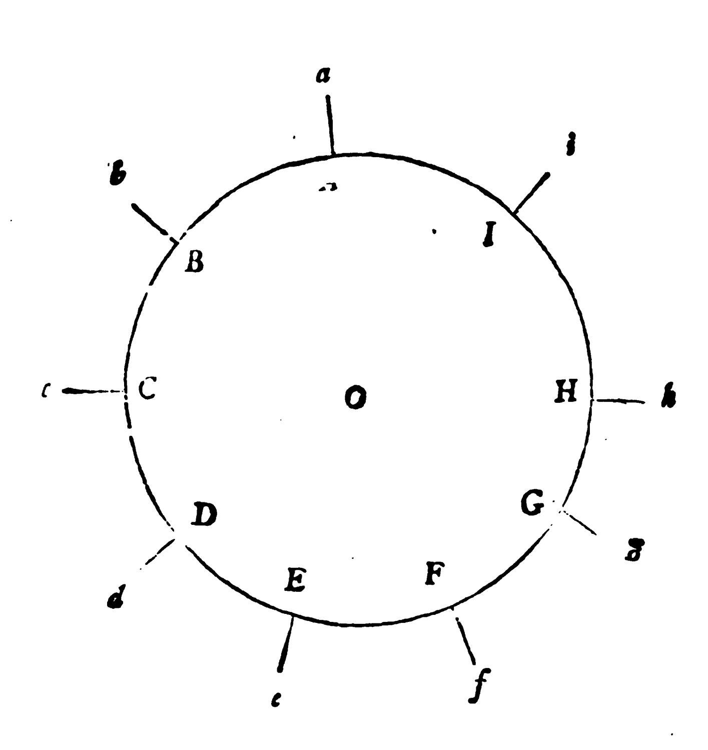
le 28 Aout. 1760.

LETTRE XLIX.

Quoique la surface de la terre soit raboteuse, à cause des montagnes & des vallées qui s'y trouvent; elle est cependant parfaitement applanie par tout où il y a de la mer; puisque la surface de l'eau est toujours horizontale, & que la ligne verticale, suivant laquelle les corps tombent, lui est perpendiculaire. Donc si toute la terre étoit couverte d'eau, en quelque lieu de la terre qu'on se trouvât, la ligne verticale seroit perpendiculaire à la surface de l'eau.

Ainsi quand la figure *ABCDEFGHI* represente la terre; sa surface étant partout horizontale, au lieu *A* la ligne *aA* sera verticale, au lieu *B*, la ligne *bB*, au lieu *C* la ligne *cC*, au lieu *D* la ligne *dD*, au lieu *F* la ligne *Ff* & ainsi de suite. Or, en chaque lieu, la ligne verticale détermine ce qu'on y nomme *l'en bas* & *l'en haut;* donc pour ceux qui sont en *A*, le point *A* sera en bas, & le point *a* en haut; & pour ceux qui sont en *F* le point *F*, sera en bas, & le point *f* en haut, & ainsi de tous les autres lieux de la terre. Toutes ces lignes verticales *aA*, *bB*, *cC*, *dD* &c. sont nommées aussi les directions de la gravité ou de la pesanteur, puisque

puisque



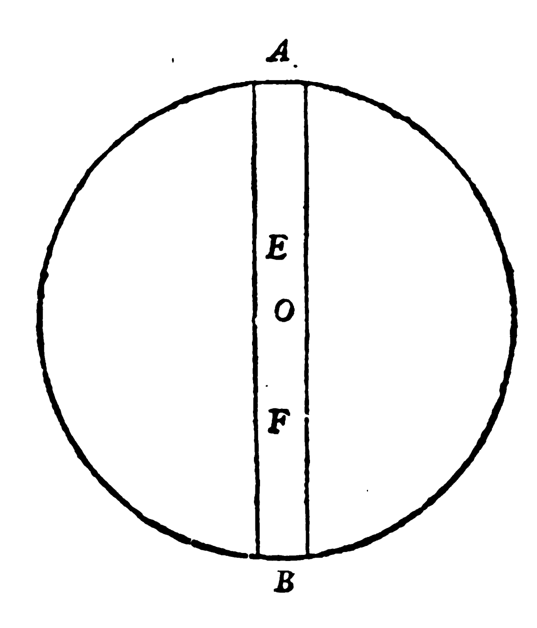
puiſque par-tout, les corps tombent ſuivant ces lignes, deſorte qu'un corps lâché en *g* tomberoit par la ligne *g*G: d'où l'on voit que partout, les corps doivent tomber vers la terre, & celà perpendiculairement à la ſurface de la terre ou plutôt de l'eau s'il y en avoit. Donc auſſi en quelque lieu de la terre qu'on puiſſe ſe trouver, puiſque les corps y tombent vers la terre, ce qu'on y nomme en bas, ſera dirigé vers la

 terre,

terre, & ce qui s'éloigne de la terre est nommé en haut; & partout les hommes aiant le pieds posés à terre, leurs pieds seront en ba & leurs têtes en haut. On voit donc que nos antipodes se trouvent dans la même condition qu nous, & que nous aurions grand tort de leu reprocher d'avoir les pieds en haut & l tête en bas, car partout, vers la terre, c'est toujours en bas & le contraire en haut. Si la terr étoit un Globe parfait, toutes les lignes vertica les *aA*, *bB*, *cC* &c. étant prolongées en dedans concourreroient au centre du globe *O* qu'on nomm le centre de la terre; & c'est pourquoi l'on di que partout, les corps ont un panchant à s'approcher du centre de la terre: ainsi en quelque endroit qu'on se trouve, si l'on demande ce qu est en bas? on répondra que c'est ce qui ten vers le centre de la terre. En effet si l'o creusoit un trou dans la terre, en quelque lie que ce soit, & qu'on continuât sans cesse c travail en creusant toujours en bas, on parvien droit enfin au centre de la terre. *V. A.* se souviendra, que Mr. d' . . . . s'est souvent moc qué de ce trou qui va jusqu'au centre de l terre, dont Mr. de Maupertuis avoit parlé. I est bien vrai qu'un tel trou ne sauroit jamai être executé, parce qu'il faudroit creuser à l profondeur de 860 Milles d'Alemagne: cependant il est permis d'en faire la supposition, pou rechercher ce qui arriveroit alors.

Suppo

[redacted]



Suppoſons donc que ce trou creuſé en *A*, ſoit continué au delà du centre de la terre *O* par toute l'épaiſſeur de la terre jusqu'à nos Antipodes en *B*, & que nous deſcendions par ce trou. Avant d'arriver au centre *O* & étant par exemple parvenus en *E*, le centre de la terre *O* nous paroîtra au deſſous, & le point *A* en haut; & ſi nous ne nous tenions bien ferme, nous tomberions vers *O*. Mais ayant paſſé au delà du centre *O*, par exemple en *F*, notre peſanteur tendroit vers *O*, & ce point *O* & à plus forte raiſon le point *A* nous paroîtront en bas, & le point *B* en haut; ainſi

ces termes d'en haut & d'en bas changeroient ſubitement de ſignification, quoique nous paſſaſſions par une ligne droite de *A* vers *B*. Tant que nous ſommes à paſſer de *A* en *O* nous deſcendons, mais en paſſant de *O* vers *B* nous montons effectivement, puiſque nous nous éloignons du centre, notre propre peſanteur étant toujours dirigée vers le centre de la terre; deſorte que ſi nous tombions ſoit en *E* ou en *F*, nous tomberions toujours vers le centre de la terre. Notre Antipode en *B*, qui voudroit paſſer par le trou de *B* en *A* ſe trouveroit préciſément dans le même cas: depuis *B* juſqu'au centre *O*, il ſeroit obligé de deſcendre; mais depuis *O* juſqu'en *A* il faudroit qu'il montât. Ces conſiderations nous conduiſent à établir ſur la gravité ou la peſanteur des corps cette idée: que la gravité ou la peſanteur eſt une force, avec laquelle tous les corps ſont pouſſés vers le centre de la terre. Le même corps qui étant en *A* eſt pouſſé ſelon la direction *A O*, lorſqu'il eſt tranſporté en *B* ſera pouſſé par la gravité ſuivant la direction *B O* qui eſt contraire à la premiere. Par-tout donc c'eſt ſur la direction de la gravité que le langage regle la ſignification des termes *en bas*, & *en haut; deſcendre ou monter:* puiſque la gravité ou la peſanteur des corps a une influence très eſſentielle ſur toutes nos operations & ſur nos entrepriſes, & que même nos propres corps en ſont animés, de ſorte que nous en éprouvons par-tout les effets.

le 29 Aout. 1760.

LET-

LETTRE L.

V. A. est maintenant éclaircie sur un grand article, qui concerne l'action de la gravité; savoir que tous les corps qui se trouvent sur la terre sont partout poussés par leur gravité ou pesanteur, directement vers le centre de la terre, ou bien perpendiculairement sur la surface de la terre, ce qu'on nomme la direction de la force de la gravité. On a raison de nommer la pesanteur des corps une *force*, attendu que tout ce qui est capable de mettre un corps en mouvement, est appellé force. C'est ainsi qu'on attribue une force aux chevaux, puisqu'ils peuvent trainer un chariot; & aussi au courant d'une riviere, ou au vent, puisque par leur moien les moulins peuvent être mis en mouvement. Il n'y a donc point de doute, que la pesanteur ne soit une force, puisqu'elle fait tomber les corps; aussi sentons nous l'effet de cette force, par la pression que nous éprouvons en portant un fardeau. Or dans toute force il y a deux choses à considerer: premierement la direction suivant laquelle elle agit ou pousse les corps, & ensuite la veritable grandeur de chaque force. Quant à la pesanteur, nous sommes suffisamment éclaircis sur sa direction, sachant que les corps en sont toujours poussés vers le centre de la terre, ou perpendiculairement à sa surface. Il reste donc à examiner la grandeur de cette force qui rend les corps pesans. Cette force est toujours déterminée par le poids de chaque corps; & comme les corps

 different

different beaucoup par rapport à leurs poids, ceux qui ſont plus peſans ſont auſſi pouſſés avec plus de force en bas ; & le poids de chaque corps eſt toujours la juſte meſure de la force avec laquelle il eſt pouſſé en bas, c'eſt-à-dire, de ſa peſanteur. Or on demande ſi le même corps, étant tranſporté dans d'autres lieux de la terre, conſerve toujours le même poids? Je parle de corps qui ne perdent rien par évaporation ou exhalaiſon. Par des experiences très certaines on a été convaincu que le même corps étant tranſporté vers l'équateur, devient tant ſoit peu moins peſant que ſi on le tranſportoit vers les poles de la terre. *V. A.* comprend aiſément qu'on ne ſauroit découvrir cette difference par la meilleure balance ; car les poids dont on ſe ſert pour peſer les corps, ſont aſſujettis à la même variation. Ainſi un poids qui peſeroit ici 100 livres, étant tranſporté ſous l'équateur, aura bien encore le nom de 100 livres ; mais ſon effort à tomber ſera un peu moindre qu'ici. On a reconnu cette variation par l'effet même de la force de peſanteur, qui eſt la chûte ; & on a remarqué que le même corps, ſous l'équateur, ne tombe pas ſi vîte qu'ici. Il eſt donc certain que le même corps étant tranſporté à differens lieux de la terre, ſouffre quelque petit changement dans ſon poids. Maintenant rentrons dans le trou fait à travers de la terre par ſon centre, & il eſt clair qu'un corps étant mis dans le centre même, y doit perdre toute ſa peſanteur ou ſon poids ; puiſqu'il n'auroit plus aucun-

eun panchant à se mouvoir, vû que partout ailleurs son panchant est dirigé vers le centre de la terre. Donc parce qu'un corps, au centre de la terre, n'a plus de poids, il s'ensuit qu'en descendant à ce centre, son poids sera successiment diminué; d'ou l'on conclut qu'un corps en pénétrant dans les entrailles de la terre, perd de son poids à mesure qu'il approche du centre. *V. A.* peut donc comprendre que la pesanteur n'est pas si nécessairement liée avec la nature de chaque corps, qu'il le semble au premier coup d'oeil; puisque non seulement sa grandeur peut varier, mais aussi sa direction, qui en passant aux Antipodes devient même contrarie.

Après avoir fait en idée le voiage jusqu'au centre de la terre, revenons à sa surface, & montons même sur les plus hautes montagnes: Or nous n'y remarquerons aucun changement sensible dans la pesanteur des corps, quoiqu'on aie des raisons assez fortes pour se persuader que le poids d'un corps devroit diminuer, à mesure qu'on l'éloigne de la terre. En effet on n'a qu'à s'imaginer qu'un corps, étant de plus en plus éloigné de la terre, parvienne par exemple enfin jusqu'au soleil, ou même jusqu'à quelque étoile fixe; & il seroit ridicule de prétendre, que ce corps retomberoit sur la terre, puisque toute la terre n'est presque rien par rapport à ces vastes corps célestes. On doit donc conclure de là, qu'un corps, en s'éloignant de la terre, doit souffrir une diminutuion dans sa pesan-

pesanteur, qui deviendra de plus en plus petite jusqu'à ce qu'elle s'évanouïsse enfin tout-à-fai Cependant il y a des raisons qui nous convain quent, qu'en éloignant un corps jusqu'à la di stance de la lune, il y auroit encore quelqu poids, mais qui seroit environ 3600 fois plu petit, que celui qu'il a sur la terre. Concevon que ce corps peseroit sur la terre 3600 livres personne certainement ne seroit capable d le soutenir ici; mais qu'on l'éloigne jusqu' la distance de la lune, & je m'engage d l'y soutenir avec un doigt; car il ne pesera plu là qu'une livre; & encore plus loin il peseroi encore moins. Nous connoissons donc que l gravité est une force qui pousse tous les corp vers le centre de la terre, que cette force agi le plus vigoureusement à la surface de la terre & qu'elle diminue lorsqu'on s'éloigne de cett surface, tant en pénetrant en dedans vers l centre, qu'en montant en haut. J'aurois encor plusieurs choses à dire sur ce sujet à *V. A.*

le 30 Aout 1760

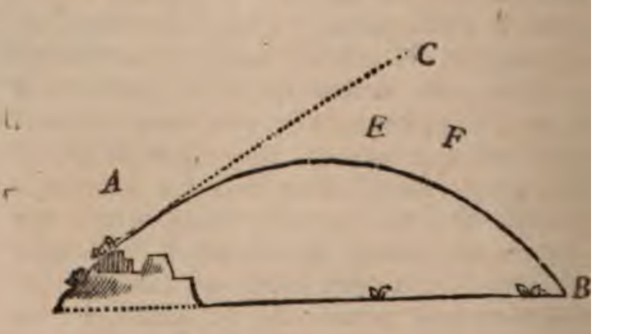
LETTRE LI.

V. A. vient de voir, qu'un corps étant élevé de la terre jusqu'à la hauteur de la lune, n'y auroit plus que la 3600e partie de son poids, ou bien qu'il y seroit poussé vers le centre de la terre avec une force 3600 fois plus petite que celle qu'il éprouve ici bas. Cependant cette force suffiroit pour le faire tomber sur la terre, dès qu'il ne seroit plus soutenu. Il est bien

bien vrai qu'on ne ſauroit s'en convaincre par aucune experience; nous ſommes trop attachés à la terre pour pouvoir nous élever ſi haut ; mais il y a néanmoins un corps à cette hauteur ; ç'eſt la lune. Elle devroit donc bien ſentir cet effet de gravité ; & nous ne voyons cependant pas que la lune tombe ſur la terre. Je réponds à cela, que ſi la lune étoit en repos, elle tomberoit infailliblement ; mais comme elle eſt portée d'un mouvement extrèmement rapide, c'eſt préciſément cette raiſon qui l'empêche de tomber. Des experiences faites ici bas ſur la terre, peuvent nous convaincre de la ſolidité de cette réponſe. Une pierre lâchée de la main ſans lui imprimer aucun mouvement, tombe d'abord & cela par une ligne droite, ſavoir la verticale ; mais ſi l'on jette cette pierre en lui imprimant un mouvement à coté, elle ne tombe plus directement en bas, elle ſe meut par une ligne courbe avant que d'atteindre la terre ; & cela arrivera d'autant plus, que plus on lui aura imprimé de vîteſſe. Un boulet de canon tiré ſelon une direction horizontale, ne parvient à la terre que fort loin ; & ſi l'on le tiroit ſur une haute montagne il parcourroit peut-être pluſieurs milles avant que d'arriver à la terre. Qu'on hauſſe encore davantage le canon ; & qu'on augmente la force de la poudre, & le boulet alors ſera porté beaucoup plus loin. On pourroit pouſſer la choſe ſi loin, que le boulet ne tomberoit que chez nos Antipodes, & en la pouſſant encore plus loin il pourroit arriver que le boulet ne tomberoit plus

du

du tout, mais qu'il retourneroit à l'endroit o
à été tiré, & feroit ainſi un nouveau tour
monde ; ce feroit une petite lune qui feroit
révolutions de même que la veritable autour
la terre. Que *V. A.* daigne à preſent refl
ſur la grande hauteur où la lune ſe trouve
ſur la prodigieuſe vîteſſe dont elle eſt po
Elle ne ſera plus ſurpriſe alors que la lune
tombe pas à terre, quoiqu'elle ſoit pouſſée
la gravité vers ſon centre. Une autre réfl
mettra cela dans un plus grand jour. N
n'avons qu'à bien conſiderer le chemin qu
pierre jettée obliquement, ou un boulet de
non, décrit. Le chemin eſt toujours une
courbe, telle que repréſente la figure ci-jo



A eſt le ſommet d'une montagne où
boulet de canon été tiré, lequel aiant
couru le chemin *AEFB*, tombe à terre en
& ce chemin eſt une ligne courbe. Sur cel
re

[redacted]

remarque d'abord, que ſi le boulet n'étoit pas peſant, c'eſt-à-dire s'il n'étoit pas pouſſé vers la terre, il n'y tomberoit pas, quand même on le lâcheroit librement, puiſque la peſanteur eſt la ſeule cauſe de ſa chûte. Donc à plus forte raiſon étant tiré en *A*, comme la figure le repreſente, il ne tomberoit jamais à terre : d'où nous apprenons que c'eſt la peſanteur qui fait enfin tomber le boulet, & qui lui fait décrire la ligne courbe *AEFB*. Nous apprenons donc par là, que la peſanteur eſt la cauſe de la courbure du chemin *AEFB* que le boulet parcourt ; d'où je conclus, que s'il n'y avoit point de peſanteur, le boulet ne décriroit pas une ligne courbe. Mais une ligne qui n'eſt pas courbe eſt néceſſairement droite ; donc ſi le boulet n'étoit pas pouſſé vers la terre par ſa peſanteur, il s'en iroit par la ligne droite ponctuée *AC* ſuivant laquelle il auroit été tiré. Cela poſé, conſiderons la lune qui ne ſe meut pas aſſurément ſelon une ligne droite : puiſqu'elle ſe tient toujours à peu près à la même diſtance de nous, il faut bien que ſon chemin ſoit courbe, & à peu près ſemblable à un cercle qu'on décriroit autour de la terre à la diſtance de la lune. On eſt maintenant en droit de demander pourquoi la lune ne ſe meut point en ligne droite ? & la réponſe ne ſera pas difficile. Car ayant vu que la peſanteur eſt la cauſe de la courbure du chemin qu'un pierre jettée, ou un boulet de canon tiré, décrit, il eſt très raiſonnable de ſoutenir que la peſanteur agit auſſi ſur la lune, en la pouſſant vers la terre, & que

cette

cette même peſanteur cauſe la courbure du mouvement de la lune. La lune eſt donc peſante & a un certain poids; donc elle eſt pouſſée vers la terre, mais ce poids eſt 3600 fois plus petit que ſi la lune ſe trouvoit à la ſurface de la terre. Or ceci n'eſt pas ſeulement une conjecture aſſez probable, on peut même aſſurer que c'eſt une verité démontrée; car en ſuppoſant cette peſanteur, on eſt en état de déterminer, par les principes les plus ſolidement établis dans les mathématiques, le mouvement que la lune devroit ſuivre, & ce mouvement ſe trouve exactement d'accord avec le vrai mouvement de la lune: ce qui fait la preuve la plus certaine.

le 1 September 1760.

LETTRE LII.

La peſanteur ou gravité eſt donc une propriété de tous les corps terreſtres, & de la lune même. C'eſt la peſanteur, par laquelle la lune eſt pouſſée vers la terre, qui modere ſon mouvement, de la même maniere que la peſanteur modere le mouvement d'un boulet de canon, ou d'une pierre jettée de la main. Nous ſommes redevables de cette importante découverte à feu Mr. Newton. Ce grand Philoſophe & Mathematicien Anglois, ſe trouvant un jour couché dans un jardin, ſous un pommier, une pomme lui tomba ſur la tête, & lui fournit l'occaſion de faire pluſieurs réflexions. Il conçut bien que c'étoit la peſanteur qui avoit fait tomber la pomme, après

qu'elle

[redacted]

qu'elle eut été dégagée de la branche, peut-être par le vent ou par quelque autre cauſe. Cette idée paroiſſoit fort naturelle, & tout payſan auroit peut-être fait la même reflexion, mais le Philoſophe Anglois alloit plus loin. Il faut, dit-il, que l'arbre ait été fort haut; & c'eſt ce qui lui fit former la queſtion, ſi la pomme ſeroit auſſi tombée en bas, dans le cas où l'arbre auroit encore été beaucoup plus haut, ce dont il ne pouroit pas douter.

Mais ſi l'arbre avoit été ſi haut qu'il parvint juſqu'à la lune, il ſe trouva embaraſſé de décider ſi la pomme tomberoit, ou non? En cas qu'elle tombât, ce qui lui paroiſſoit pourtant fort vraiſemblable, puis qu'on ne ſauroit concevoir un terme dans la hauteur de l'arbre, où la pomme ceſſeroit de tomber: dans ce cas donc, il faudroit que la pomme eut encore quelque peſanteur qui la pouſſeroit vers la terre; donc parceque la lune ſe trouveroit au même endroit, il faudroit qu'elle fut pouſſée vers la terre par une force ſemblable à celle de la pomme. Cependant comme la lune ne lui tomba point ſur la tête, il comprit que le mouvement en pourroit être la cauſe, de la même maniere qu'une bombe peut paſſer au-deſſus de nous ſans tomber verticalement en bas. Cette comparaiſon du mouvement de la lune avec celui d'une bombe, le détermina à examiner plus attentivement la choſe, & aidé des ſecours de la plus ſublime Géometrie, il trouva que la lune ſuivoit dans ſon mouvement les mêmes regles qu'on

O obſerve



obſerve dans le mouvement d'une bombe ; deſorte que s'il étoit poſſible de jetter une bombe à la hauteur de la lune & avec la même vîteſſe, la bombe auroit le même mouvement que la lune. Il a ſeulement remarqué cette difference, que la peſanteur de la bombe à cette diſtance de la terre, feroit beaucoup plus petite qu'ici bas. *V. A.* verra par ce recit, que le commencement de ce raiſonnement du Philoſophe étoit fort ſimple, & ne differoit preſque pas de celui d'un paiſan; mais la ſuite s'eſt élevée infiniment au deſſus de la pôrtée d'un païſan. C'eſt donc une proprieté fort remarquable de la terre, que tous les corps qui ſe trouvent, non ſeulement dans la terre, mais auſſi ceux qui en ſont fort éloignés, juſqu'à la diſtance même de la lune, ont une force qui les pouſſe vers le centre de la terre, & cette force eſt la peſanteur, qui diminue à meſure que les corps s'éloignent de la ſurface de la terre. Le Philoſophe Anglois ne s'arreta pas là ; comme il ſavoit que les corps des planetes ſont parfaitement ſemblables à la terre, il conclut qu'aux environs de chaque planete, les corps qui s'y trouvent, ſont peſans, & que la direction de cette peſanteur tend vers le centre de la même planete, Cette peſanteur y feroit peut-être plus ou moins grande que ſur la terre: de maniere qu'un corps d'un certain poids chez nous, étant tranſporté à la ſurface de quelque planete y auroit un poids qui feroit plus grand ou plus petit. Enfin cette force de gravité de chaque planete s'étend auſſi à de grandes diſtan-

ces

ées autour de chacune ; & comme nous voïons que la planete de Jupiter a quatres Satellites, & celle de Saturne cinq, qui ſe meuvent autour d'eux, comme la lune autour de la terre, on ne ſauroit douter que le mouvement des ſatellites de Jupiter ne ſoit moderé par leur peſanteur vers le centre de Jupiter, & celui des ſatellites de Saturne par leur peſanteur vers le centre de Saturne. Or de la même maniere que la lune ſe meut autour de la terre, & les ſatellites autour de Jupiter ou de Saturne, toutes les planetes elles mêmes ſe meuvent autour du ſoleil, d'où le même Newton a tiré cette fameuſe conſequence, que le ſoleil eſt doué d'une ſemblable propriété de peſanteur, & que tous les corps qui ſe trouvent aux environs du ſoleil, y ſont pouſſés vers le ſoleil par une force, qu'on pourroit dire peſanteur ſolaire. Cette force s'étend fort loin tout autour du ſoleil, & bien au delà de toutes les planettes, puiſque c'eſt cette force de peſanteur, qui modere leur mouvement. Ce même Philoſophe, par la force de ſon eſprit, a trouvé le moien de déterminer le mouvement des corps, lorſqu'on connoit la force dont ils ſont pouſſés ; donc puiſqu'il avoit découvert les forces dont toutes les planettes ſont pouſſées, il étoit en état de donner une juſte deſcription de leur mouvement. En effet, avant ce grand Philoſophe, on ſe trouvoit dans une profonde ignorance ſur le mouvement des corps céleſtes ; & ce n'eſt qu'à lui que nous ſommes redevables des grandes lumieres dont nous jouïſſons à preſent dans l'A-

ſtronomie. *V. A.* ſera bien ſurpriſe des grands progrès que toutes les ſciences ont tirés d'un commencement qui parût d'abord fort ſimple & fort leger. Si Newton ne s'étoit pas couché dans un jardin ſous un pommier, & que par hazard une pomme ne lui fut pas tombée ſur la tête, peut être nous nous trouverions dans la même ignorance ſur le mouvement des corps céleſtes, & ſur une infinité d'autres phénomenes qui en dépendent. Cette matiere merite donc tout-à-fait l'attention de *V. A.* & je me flatte de l'entretenir dans la ſuite ſur le même ſujet.

le 3 Septembre 1760.

LETTRE LIII.

V. A. ſent bien que le ſyſtême de Newton doit avoir d'abord fait bien du bruit, & cela avec raiſon; puiſque perſonne encore n'avoit fait une ſi heureuſe découverte, & qui repandoit tant de lumieres à la fois dans toutes les ſciences. Il a été connu ſous pluſieurs noms qu'il eſt bon de remarquer, puiſqu'on en entend parler aſſez ſouvent dans les diſcours. On le nomme le ſyſtême de la gravitation univerſelle, parce que Newton ſoutient que non ſeulement la terre, mais en general tous les corps céleſtes ſont doués de cette proprieté, que tous les corps y ſont pouſſés par une force ſemblable à la peſanteur ou à la gravité, d'où le mot de gravitation a tiré ſon origine. Cependant cette force eſt tout-à-fait inviſible, & nous ne voions rien qui

qui agiſſe ſur les corps & qui les pouſſe vers la terre ; encore moins vers les corps céleſtes. Nous remarquons un phénomene preſque ſemblable dans l'aiman vers lequel le fer & l'acier ſont pouſſés, ſans que nous puiſſions voir la cauſe qui les y pouſſe. Quoiqu'on ſoit à preſent aſſuré que cela ſe fait par une matiere extrêmement ſubtile qui traverſe les pores de l'aiman & du fer ; cependant on peut dire que l'aiman attire le fer, & que le fer en eſt attiré, pourvu que cette maniere de parler n'exclue point la veritable cauſe. De la même maniere on pourra donc auſſi dire que la terre attire à ſoi tous les corps qui ſont aux environs, même à de fort grandes diſtances ; & on pourra regarder la peſanteur ou la gravité des corps, comme l'effet de l'Attraction de la terre, qui agit même ſur la lune. Outre cela le ſoleil & toutes les planetes ſont doués d'une ſemblable vertu d'attraction, par laquelle tous les corps y ſont attirés. Suivant cette maniere de parler on dit que le ſoleil attire les planettes, & que Jupiter & Saturne attirent leurs ſatellites. De là le ſyſtême de Newton eſt auſſi nommé le ſyſtême de l'Attraction. Comme il n'y a aucun doute que les corps qui ſe trouvent fort près de la lune n'y ſoïent auſſi pouſſés par une force ſemblable à la peſanteur, on pourra dire que la lune attire auſſi les corps voiſins ; & peut-être cette attraction de la lune s'étend-elle jusqu'à la terre, quoi qu'elle ſoit ſans doute très foible, tout comme nous avons vû que l'attraction de la terre ſur la

lune eſt très conſiderablement affoiblie. même Philoſophe a mis cela hors d aiant fait voir que le flux & le reflux d dont j'aurai occaſion de parler une au font cauſés par l'attraction que la lun ſur les eaux de la Mer. Par conſequen ſauroit plus douter que les planetes d & de Saturne ne ſoient réciproquemen par leurs Satellites, & que le ſoleil ſoit aſſujetti à l'attraction des planetes, cette force ſoit extrêmement petite. C' a fait naître le ſyſtême de l'Attraction où l'on ſoutient avec raiſon, que non le ſoleil attire les planettes, mais qu'il proquement attiré par chacune ; & q toutes les planetes exercent leur force les unes ſur les autres. Donc la terre ſeulement attirée par le ſoleil, mais toutes les autres planetes, quoique la ces planetes ſoit preſque inſenſible e raiſon de celle du ſoleil. *V. A.* comp ſément que le mouvement d'une plan eſt attirée non ſeulement par le ſoleil, tant ſoit peu par les autres planetes, un peu different de celui qu'elle auro n'étoit attirée que par le ſoleil, & conſe que les attractions des autres planetes cauſer quelque petit derangement. ces derangemens ſe trouvent verifiés p rience : ce qui a porté ce ſyſtême de univerſelle au plus haut dégré de cert ſorte que perſonne ne ſauroit plus dou

verité. Je dois encore remarquer, que les cometes ſont auſſi ſoumiſes à cette même loi; qu'elles ſont principalement attirées par le ſoleil, dont la force attractive modere leur mouvement, mais qu'elles éprouvent auſſi les forces attractives de toutes les planettes, ſur tout quand elles n'en ſont pas très éloignées: car c'eſt une regle generale, comme nous verrons dans la ſuite, que l'attraction de tous les corps céleſtes diminue dans l'éloignement, & augmente dans le voiſinage. Or les cometes elles mêmes ſont auſſi douées d'une attraction, dont les autres corps ſont attirés vers elles, & cela d'autant plus ſenſiblement, que plus ils en approchent. Donc lorſque quelque Comete paſſe aſſez près d'une planete, ſa force attractive en peut deranger le mouvement, tout de même que le mouvement de la comete eſt un peu troublé par l'attraction de la planete. Ces conſequences ſont verifiées par les obſervations, & on peut déjà alleguer quelques exemples, qui prouvent que le mouvement d'une comete a été derangé par l'attraction des planetes, par le voiſinage deſquelles elle a paſſé, & que le mouvement de la terre & des autres planetes a déjà ſouffert quelque attraction de la part des cometes. Les étoiles fixes étant des corps ſemblables au ſoleil, ſeront auſſi douées d'une force attractive, mais dont nous ne ſentons aucun effet à cauſe de leur prodigieuſe diſtance.

le 5 Septembre 1760.

LETTRE LIV.

C'eſt donc un fait conſtaté par les raiſons plus ſolides que dans tous les corps céleſtes regne une gravitation generale, par laquelle ſont pouſſés ou attirés les uns vers les autr & que cette force eſt d'autant plus grande, les corps ſont plus proches entr'eux. Ce ne ſauroit être conteſté, mais on diſpute s'il l'appeller une *impulſion* ou une *attraction?* q que le ſeul nom ne change rien dans la c même : *V. A.* ſait que l'effet eſt le même, ſoit q pouſſe un chariot par derriere ou qu'on le par devant : ainſi l'Aſtronome uniquement at tif à l'effet de cette force, ne ſe ſoucie ſi les corps céleſtes ſont pouſſés les uns vers autres, ou s'ils s'attirent mutuellement, de m que celui qui n'examine que les phénomenes ſe met pas en peine ſi la terre attire les co ou ſi les corps y ſont pouſſés par quelque invisible. Mais ſi l'on veut pénétrer dans miſteres de la nature, il eſt très important ſavoir ſi c'eſt par impulſion ou par attra que les corps céleſtes agiſſent les uns ſur le tres ; ſi c'eſt quelque matiere ſubtile & inv qui agit ſur les corps & les pouſſe les uns les autres, ou ſi ces corps ſont doués d qualité cachée & occulte, par laquelle ils s rent mutuellement ? Les Philoſophes ſont partagés là-deſſus ; ceux qui ſont pour l'ir ſion, ſe nomment *impulſionnaires*, & les tiſans de l'Attraction, ſe nomment *Attraction*

Feu Mr. Newton inclinoit beaucoup vers le ſentiment de l'attraction, & aujourd'hui tous les Anglois ſont Attractioniſtes fort zèlés. Ils conviennent bien, qu'il n'y a ni cordes, ni aucune des machines dont on ſe ſert ordinairement pour tirer, dont la terre puiſſe ſe ſervir pour attirer à ſoi les corps, & y cauſer la peſanteur: encore moins decouvrent-ils quelque choſe entre le ſoleil & la terre, dont on puiſſe croire que le ſoleil ſe ſerviroit pour attirer la terre. Si l'on voioit un chariot ſuivre les chevaux, ſans qu'ils y fuſſent attelés, & qu'on ni vit ni corde ni autre choſe propre à entretenir quelque communication entre le chariot & les chevaux, on ne diroit pas que le chariot fût tiré par les chevaux; on ſeroit plutôt porté à croire, que le chariot ſeroit pouſſé par quelque force, quoiqu'on n'en vît rien, à moins que ce ne fût le jeu de quelque ſorciere. Cependant Mrs. les Anglois n'abandonnent pas leur ſentiment. Ils ſoutiennent même que c'eſt une qualité propre à tous les corps de s'attirer mutuellement; que cette qualité leur eſt auſſi naturelle que l'étendue, & qu'il ſuffit que le Créateur ait voulu que tous les corps s'attiraſſent mutuellement, & par là, toute la queſtion eſt réſolue. S'il n'y avoit eu que deux corps au monde, quelqu'éloignés qu'ils fuſſent l'un de l'autre, il y auroit d'abord eu une tendance de l'un vers l'autre, par laquelle ils ſe feroient bientôt rapprochés & même réunis. De là ſuit que plus un corps eſt grand, plus eſt grande auſſi l'attraction avec laquelle il

attire les corps : car puiſque cette qualité eſt eſſentielle à la matiere, plus un corps contient de matiere, plus il exerce de force pour attirer à ſoi les autres corps. Donc puiſque le ſoleil ſurpaſſe conſiderablement en grandeur toutes les planetes, la force attractive dont il eſt doué, eſt auſſi beaucoup plus grande que celle des planetes. Ils remarquent auſſi que le corps de Jupiter étant beaucoup plus grand que la terre, la force attractive qu'il exerce ſur ſes ſatellites eſt auſſi beaucoup plus grande que celle dont la terre agit ſur la lune. Suivant ce ſentiment, la peſanteur des corps ſur la terre, eſt le réſultat de toutes les attractions dont les corps ſont attirés à toutes les parties de la terre ; & ſi la terre renfermoit plus de matiere quelle n'en renferme actuellement, ſon attraction deviendroit auſſi plus grande, & la peſanteur ou le poids des corps ſeroit augmenté. Mais au contraire ſi, par quelque accident, la terre perdoit une partie de ſa matiere, ſon attraction deviendroit plus petite, & tous les corps moins peſans. On reproche à ces Philoſophes que, ſelon leur ſentiment, deux corps quelconques poſés, par exemple, ſur une table, ſe devroient attirer & conſequemment s'approcher : ils accordent la conſequence, mais ils diſent que, dans ce cas, l'attraction ſeroit trop petite, pour qu'il en pût reſulter un effet ſenſible ; Car ſi toute la maſſe de la terre, par ſa force attractive, ne produit dans chaque corps que ſa peſanteur ou ſon poids, un corps qui eſt pluſieurs millions de fois plus petit que toute la terre,

terre, produira auſſi un effet autant de fois plus petit. Or on conviendra aiſément que ſi le poids d'un corps devenoit pluſieurs millions de fois plus petit, l'effet en devroit être réduit à rien. D'où il s'enſuit, qu'à moins que les corps, ou au moins l'un d'eux, ne ſoit exceſſivement grand, l'attraction ne ſauroit être ſenſible. Ainſi de ce côté, on ne gagne rien contre les Attractioniſtes; ils alleguent même en leur faveur une experience faite en Amerique par les Academiciens de Paris, où l'on a obſervé tout près d'une très haute & grande montagne, l'effet d'une petite attraction, dont le corps de la montagne a attiré les corps voiſins. Ainſi en embraſſant le ſyſtême des Attractioniſtes on n'a pas à craindre qu'il nous conduiſe à de fauſſes conſequences: on peut plutôt être aſſuré d'avance de leur verité.

le 7 Septembre 1760.

LETTRE LV.

V. A. connoit la proprieté qu'a l'Aimant d'attirer à ſoi le fer, puiſque nous voyons que de petits morceaux de fer ou d'acier, comme des éguilles, étant placés dans le voiſinage d'un aimant y ſont entrainés avec une force d'autant plus grande, qu'ils ſont plus proches. Comme on ne voit rien, qui les pouſſe vers l'aimant, on dit que l'aimant les attire, & l'action même ſe nomme *attraction*. On ne ſauroit douter cependant qu'il n'y ait quelque matiere très ſubtile, quoiqu'inviſible, qui produiſe cet effet, en pouſſant effecti-

effectivement le fer vers l'aiman; mais comme le langage se regle sur les apparences, l'usage a prévalu de dire que l'aimant attire le fer, & qu'il s'y fait une attraction. Quoique ce phénomene soit particulier à l'aimant, & au fer, il est très propre à éclaicir le terme d'attraction, dont les Philosophes modernes se servent si frequemment. Ils disent donc, qu'une propriété semblable à celle de l'aimant, convient à tous les corps en general, & que tous les corps au monde s'attirent mutuellement; mais que cet effet ne devient sensible, que lorsque les corps sont extrêmement grands, & devient absolument insensible dans les petits. Quelque grande, par exemple, que soit une pierre, elle n'exerce aucune attraction sur d'autres corps qu'on lui presente, parce que sa force est trop petite pour rendre l'attraction sensible: mais si l'on augmentoit la pierre jusqu'à la faire devenir plusieurs milliers de fois plus grande, l'attraction en deviendroit enfin aussi sensible. J'ai dejà fait remarquer à *V. A.* qu'on prétend effectivement avoir observé qu'une grande montagne en Amerique avoit produit une petite attraction. Une plus grande montagne produiroit donc un attraction encore plus sensible, & un corps encore beaucoup plus grand, comme par exemple la terre tout entiere, attireroit avec une force d'autant plus grande. Or cette force dont la terre tout entiere attireroit à soi tous les corps, est précisément la gravité, par laquelle nous voïons que tous les corps sont effectivement portés vers la terre. Donc suivant ce systême, la gravité ou pesan-

peſanteur, qui fait tomber en bas tous les corps, n'eſt autre choſe que l'effet de la terre toute entiere, par laquelle elle attire à ſoi tous les corps. Si le corps de la terre étoit plus grand ou plus petit, la gravité ou la peſanteur des corps ſeroit auſſi plus grande ou plus petite. D'où l'on comprend que tous les autres grands corps de l'univers, comme le ſoleil, les planetes & la lune, ſont doués d'une force attractive ſemblable, mais plus ou moins grande, ſuivant qu'ils ſont eux mêmes plus ou moins grands. Comme le ſoleil eſt pluſieurs milliers de fois plus grand que la terre, ſa force attractive ſurpaſſe autant de fois celle de la terre. On eſtime que le corps de la lune eſt environ 40 fois plus petit que celui de la terre, d'où réſulte que ſa force attractive en eſt d'autant de fois plus petite : & il en eſt de même de tous les corps céleſtes.

le 9 Septembre 1760.

LETTRE LVI.

En vertu du ſyſtème de l'Attraction ou de la gravitation univerſelle, chaque corps céleſte attire tous les autres, & en eſt réciproquement attiré. Or pour juger de la force avec laquelle ces corps attirent les autres, nous n'avons qu'à conſiderer deux corps qui s'attirent mutuellement. Il faut pour lors avoir égard à trois choſes, premierement au corps attirant, en ſecond lieu au corps attiré, & troiſiemement à leur diſtance; attendu que la force d'attraction dépend de tous ces trois points.

Soit



Soit *A* le corps attirant, & *B* le corps attiré; l'un & l'autre étant ſpheriques, les corps céleſtes aiant à peu près cette figure. Leur diſtance alors eſt eſtimée par celle de leurs centres *A* & *B*, c'eſt-à-dire par la ligne droite *AB*. Maintenant pour le premier point, qui regarde la quantité du corps attirant *A*, il faut remarquer que plus ce corps eſt grand, plus auſſi ſa force ſera grande pour attirer le corps *B*. Ainſi ſi le corps attirant *A* étoit deux fois plus grand, le corps *B* y ſeroit attiré par une force double; s'il étoit trois fois plus grand, celui-ci y ſeroit attiré par une force triple, & ainſi de ſuite, ſuppoſé que la diſtance de leurs centres fût toujours la même. Donc, ſi la terre renfermoit plus ou moins de matiere quelle n'en contient actuellement, tous les corps y ſeroient attirés avec d'autant plus ou moins de force, ou bien leur poids ſeroit d'autant plus ou moins grand. Et comme toute la terre eſt attirée par le ſoleil; ſi le ſoleil étoit plus ou moins grand, la terre y ſeroit attirée avec d'autant plus ou moins de force. Quant au corps attiré *B*, le corps attirant *A* & la diſtance *AB* demeurant les mêmes, il eſt à remarquer, que plus le corps *B* eſt grand ou petit, plus auſſi la force

par

[redacted]

par laquelle il eſt attiré vers le corps *A* ſera grande ou petite. Ainſi ſi le corps *B* eſt deux fois plus grand, il ſera attiré au corps *A* avec une force double; s'il eſt trois fois plus grand il le ſera avec une force triple, & ainſi de ſuite. Pour mieux éclaircir la choſe, nous n'avons qu'à mettre la terre au lieu du corps attirant *A*, & la force dont le corps *B* eſt attiré, n'eſt autre choſe que le poids du corps *B*: Or nous ſavons que plus ce corps *B* eſt grand ou petit, plus auſſi ſon poids eſt grand ou petit: d'où nous voions, que tant que le corps attirant *A* & la diſtance *AB* demeurent les mêmes, la force dont le corps *B* eſt attiré, ſuit préciſément la grandeur de ce corps. Pour exprimer cette circonſtance, on ſe ſert dans les Mathematiques du terme de *Proportionel*, & l'on dit que la force dont le corps *B* eſt attiré au corps *A*, eſt proportionelle à la maſſe du corps *B*: ce qui ſignifie, que ſi la maſſe du corps *B* étoit deux ou trois ou quatre fois plus grande, la force ſeroit préciſément autant de fois plus grande. Ainſi ſur le premier point où l'on regarde le corps attirant *A*, on dit de la même maniere, que la force dont le corps *B* eſt attiré au corps *A*, eſt auſſi proportionelle à la maſſe du corps *A*, pendant que le corps *B* avec la diſtance *AB* demeurent les mêmes. Je dois encore obſerver, que quand on parle ici de la quantité du corps attirant *A*, ou du corps attiré *B*, on entend la quantité de matiere que l'un ou l'autre renferme, & non leur ſeule étendue. *V. A.* ſe ſouviendra

bien

bien que les corps different très considerablement à cet égard, & qu'il y en a, qui sous une petite étendue renferment beaucoup de matiere, comme l'or par exemple, pendant que d'autres, comme l'air, renferment sous une grande étendue fort peu de matiere. Quand il s'agit donc ici des corps, il faut toujours en juger par la quantité de leur matiere, qu'on nomme aussi leur masse. Il ne me reste plus que d'examiner le troisieme point, c'est-à-dire la distance *AB* des deux corps, en supposant qu'ils demeurent les mêmes. Il faut observer sur cela qu'en augmentant la distance *AB*, l'attraction diminue, & qu'en diminuant cette distance l'attraction augmente, mais selon une regle qu'il n'est pas facile d'exprimer. Lorsque la distance devient deux fois plus grande, la force dont le corps *B* est attiré vers le corps *A*, sera deux fois deux fois ou bien quatre fois plus petite; & pour une distance triple la force d'attraction devient 3 fois 3 c'est à dire 9 fois plus petite. Si la distance devient 4 fois plus grande, la force d'attraction devient 4 fois 4, c'est à dire 16 fois plus petite, & ainsi de suite. De sorte que pour une distance 100 fois plus grande, la force d'attraction sera 100 fois 100 ou bien 10000 fois plus petite. D'où l'on voit que pour de très grandes distances, la force d'attraction doit devenir enfin tout-à-fait insensible. Or, réciproquement, lorsque la distance *AB* est très petite, la force d'attrac-

[redacted]

d'attraction peut être très considerable quoique les corps soient asses petits.

le 11 Septembre 1760.

LETTRE LVII.

Lors qu'un corps *B* est attiré par un autre corps *A*, je viens de faire voir, que la force d'attraction est premierement proportionelle à la masse du corps attirant *A*, & à celle du corps attiré *B*.: mais la force de cette attraction dépend tellement de la distance de ces corps, que si la distance devenoit deux fois, ou 3 fois, ou 4 fois, ou 5 fois plus grande, la force d'attraction deviendroit quatre fois, ou 9 fois ou 16 fois, ou 25 fois plus petite. Pour établir sur cela quelque regle, il faut multiplier par lui-même le nombre qui marque combien de fois la distance est augmentée, & le produit montrera combien de fois l'attraction devient plus petite. Pour mettre cette regle dans tout son jour, il faut observer que lorsqu'on multiplie un nombre par lui-même, on nomme le produit qui en resulte, son *Quarré*: ainsi pour trouver ces quarrés, il faut multiplier les nombres par eux-mêmes en cette sorte.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
mult: par	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
quarré	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100

		11			12
mult: par		11	mult: par		12
		11			24
		11			12
	quarré	121		quarré	144

Par ce dernier exemple, il eſt clair que le quarré du nombre 12 eſt 144; & ſi l'on veut ſavoir le quarré d'un autre nombre quelconque, par exemple de 258 il faut multiplier ce nombre par lui même; & on fera l'operation ſuivante

$$
\begin{array}{r}
258 \\
\underline{258} \\
2064 \\
1290 \\
\underline{516} \\
66564
\end{array}
$$

d'où l'on voit que le quarré de ce nombre 258 eſt 66564. De la même maniere on operera pour tous les autres nombres.

Donc puiſqu'il faut multiplier la diſtance des corps par elle même, il eſt clair que la force d'attraction diminue autant de fois, que le quarré de la diſtance augmente, ou bien que le quarré de la diſtance devient autant de fois plus grand que la force d'attraction devient plus petite. En traitant ces ſortes de ſujets, les Mathématiciens, pour ſe faire entendre, emploient certains termes qu'il

[redacted]

qu'il eſt bon d'expliquer, parce qu'on s'en ſert auſſi quelquefois dans les converſations. Si la force de l'attraction augmentoit en raiſon du quarré de la diſtance, on diroit qu'elle ſeroit proportionelle au quarré de la diſtance; mais puiſqu'il arrive préciſément le contraire, en ſorte que la force d'attraction diminue pendant que le qnarré de la diſtance augmente, on emploie le mot *reciproquement* pour marquer cette contrarieté; en diſant que la force d'attraction eſt réciproquement proportionelle au quarré de la diſtance. C'eſt une maniere Geométrique de parler dont *V. A.* comprendra parfaitement le ſens, qui eſt le même que je viens d'expoſer ci-deſſus. Donc, pour juger de la force dont un corps eſt attiré vers un autre, on n'a qu'à remarquer que cette force eſt premierement proportionelle à la maſſe du corps attirant, enſuite à celle du corps attiré, & enfin réciproquement au quarré de leur diſtance. De là il eſt d'abord clair, que quoique la terre & les planetes ſoient auſſi attirées vers les étoiles fixes; cette force doit abſolument être inſenſible, à cauſe de leur prodigieuſe diſtance. En effet en ſuppoſant la maſſe d'une étoile fixe égale à celle du ſoleil, à diſtances égales, la terre y ſeroit attirée avec autant de force que vers le ſoleil; mais puiſque la diſtance de l'étoile fixe eſt 400000 fois plus grande que celle du ſoleil, le quarré de ce nombre étant de 160000000000 ou cent ſoixante mille millions, la force dont la terre eſt attirée à cette étoile fixe ſera cent ſoixante mille millions de fois plus petite qu' cell

celle dont la terre eſt attirée par le ſoleil, ce qui ſeroit une attraction trop petite, pour produire le moindre effet ſenſible. Par cette raiſon la force attractive des étoiles fixes ne change rien dans le mouvement de la terre, des planetes & de la lune mais c'eſt la force attractive du ſoleil, qui regle principalement le mouvement de la terre & des planetes, puiſque la maſſe du ſoleil ſurpaſſe pluſieurs milliers de fois la maſſe de chaque planete. Cependant quand deux planetes s'approchent en ſorte que leur diſtance devient plus petite que celle du ſoleil, leur force attractive en eſt augmentée, & pourroit devenir aſſez ſenſible, pour troubler leur mouvement. Or on s'apperçoit en effet de ce derangement ; ce qui fait une preuve très forte en faveur du ſyſtème d'attraction ou de gravitation univerſelle : ainſi quand une comete approche beaucoup d'une planete, elle peut bien en alterer le mouvement.

le 13 Septembre 1760.

LETTRE LVIII.

De ce que je viens de dire ſur la force, avec laquelle tous les corps céleſtes ſont attirés vers les autres en raiſon de leur grandeur ou maſſe, & de leur diſtance, *V. A.* comprendra facilement comment on peut déterminer leur mouvement, pour aſſigner en tout tems le vrai lieu où chaque corps ſe trouvera. C'eſt en quoi conſiſte la ſcience de l'Aſtronomie, qui dépend d'une exacte

exacte connoiſſance du mouvement de tous les corps céleſtes, afin d'être en état de déterminer, pour chaque moment, tant paſſé qu'avenir, l'endroit où chaque corps céleſte doit ſe trouver, & en quel lieu du ciel il doit paroître, étant vû de la terre ou d'un autre lieu quelconque du monde. Or la ſcience qui traite du mouvement en general, eſt nommée Mechanique ou Dynamique. Son objet eſt de déterminer le mouvement des corps quelconques, lorſqu'ils ſont pouſſés par telles forces que ce ſoit. Cette ſcience eſt une des principales parties des Mathématiques, & ceux qui s'y appliquent, font tous leurs efforts pour porter la Mechanique à ſon plus haut degré de perfection. Leurs recherches ſont cependant ſi profondes, qu'on ne peut pas ſe vanter encore d'y avoir réuſſi, & qu'il faut ſe contenter d'y avancer peu-à-peu. Ce n'eſt que depuis dix ou vingt ans, qu'on y fait des progrès aſſés conſiderables & c'eſt principalement ſur de pareils ſujets, que l'Academie des Sciences de Paris propoſe tous les ans des queſtions auxquelles ſont attachés des prix aſſez conſiderables pour ceux qui réuſſiſſent le mieux. La plus grande difficulté conſiſte dans la pluralité des forces dont chaque corps céleſte eſt pouſſé ou attiré vers tous les autres. Si chaque corps n'étoit attiré que vers un ſeul autre corps, la choſe n'auroit aucune difficulté, & le grand Mathematicien Anglois, feu Monſieur Newton, qui eſt mort en 1728 avoit, le premier, heureuſement déterminé le mouvement de deux corps qui

s'attirent mutuellement, ſelon la loi dont j'ai eu l'honneur de parler à *V. A.* Suivant cette loi, ſi la terre n'étoit attirée que vers le ſoleil ſeul, on connoitroit parfaitement bien le mouvement de la terre, & il n'y auroit plus aucune autre recherche à faire. Il en ſeroit de même des autres planetes, de Saturne, de Jupiter, de Mars, de Venus, de Mercure, ſi ces corps n'étoient attirés que par le ſoleil. Mais la terre étant attirée non ſeulement par le ſoleil, mais auſſi par tous les autres corps céleſtes, la queſtion devient infiniment plus compliquée & plus embarraſſée, à cauſe de la pluralité des forces dont elle eſt agitée. Heureuſement cependant il arrive qu'on peut négliger les forces dont elle eſt attirée vers les étoiles fixes, puiſque les étoiles fixes, quelques grandes que ſoient leurs maſſes, ſont ſi prodigieuſement éloignées, qu'à cet égard les forces qu'elles exercent ſur la terre, ſont ſi petites, qu'on peut les négliger. Le mouvement de la terre & des autres planetes ſera donc toujours auſſi parfaitement le même, que ſi les étoiles fixes n'exiſtoient point. Outre la force du ſoleil, on n'a donc qu'à conſiderer les forces avec leſquelles les planetes s'attirent réciproquement. Or ces forces ſont de même extrêmement petites, en les comparant avec celles dont chaque planete eſt attirée vers le ſoleil : la raiſon en eſt, que la maſſe du ſoleil ſurpaſſe tant de fois la maſſe de chaque planete, qu'à cet égard il n'en reſulte qu'une force très petite, en comparaiſon de celle du ſoleil. Cependant puiſque ces

[redacted]

ces forces augmentent lorſque les diſtances deviennent plus petites, de ſorte qu'à une diſtance deux fois plus petite répond une force 4 fois plus grande ; qu'à une diſtance 3 fois plus petite, répond une force 9 fois plus grande, & ainſi de ſuite ſelon les quarrés des nombres, comme je l'ai expliqué dans ma lettre precedente; il ſeroit bien poſſible que deux planetes s'approchaſſent ſi près, que leur force attractive deviendroit égale à celle du ſoleil, & la ſurpaſſeroit même beaucoup. Ce cas n'arrive heureuſement pas dans ce monde, & les planetes demeurent toujours ſi éloignées les unes des autres, que leur force attractive eſt toujours incomparablement plus petite, que celle dont elles ſont attirées vers le ſoleil. C'eſt pourquoi, ſans porter nos vues au delà de ces connoiſſances, on peut enviſager chaque planete comme n'étant attirée que par la ſeule force du ſoleil, & de là il eſt aiſé de déterminer ſon mouvement. Cela ne peut cependant avoir lieu, que lorſqu'on ſe contente d'une connoiſſance ſuperficielle du mouvement des planetes ; car dès qu'on voudroit être plus exactement inſtruit, il faudroit avoir égard à ces petites forces dont les planetes agiſſent les unes ſur les autres, d'où réſultent effectivement de petites irregularités, & des aberrations dont les Aſtronomes ne s'apperçoivent que trop dans leurs obſervations : & c'eſt pour bien connoitre toutes ces irregularités dans le mouvement des planetes, qu'eux mêmes ainſi que les Méchani-



çiens, réunissent toutes leurs forces & leur adresse.

le 15 Septembre 1760.

LETTRE LIX.

Pour mieux éclaircir ce que je viens d'exposer sur le mouvement des corps célestes, & sur les forces qui en sont la cause, il sera bon de presenter à *V. A.* le systême du monde, ou une description des corps célestes qui le composent. D'abord il faut observer que les étoiles fixes sont des corps entierement semblables au soleil, & luisans d'eux mêmes; éloignés tant du soleil qu'entre-eux, par des distances prodigieuses, & dont chacun peut être de la même grandeur que le soleil. J'ai deja eu l'honneur de dire à *V. A.* que celle des étoiles fixes qui est la plus proche de nous, est au moins 400000 fois plus éloignée de nous que le soleil. Chaque étoile fixe semble être destinée pour échauffer & éclairer un certain nombre des corps opaques semblables à notre terre, & habités aussi sans doute, lesquels se trouvent dans son voisinage, mais que nous ne voïons point à cause de leur prodigieux éloignement. Quoi qu'on ne puisse en être assuré par des observations, on l'infere néanmoins de leur ressemblance avec le soleil qui sert à échauffer & éclairer notre terre, & même encore quelques autres corps semblables à notre terre, qu'on nomme planetes. On connoit particulierement six de ces corps qui sont échauffés & eclairés par

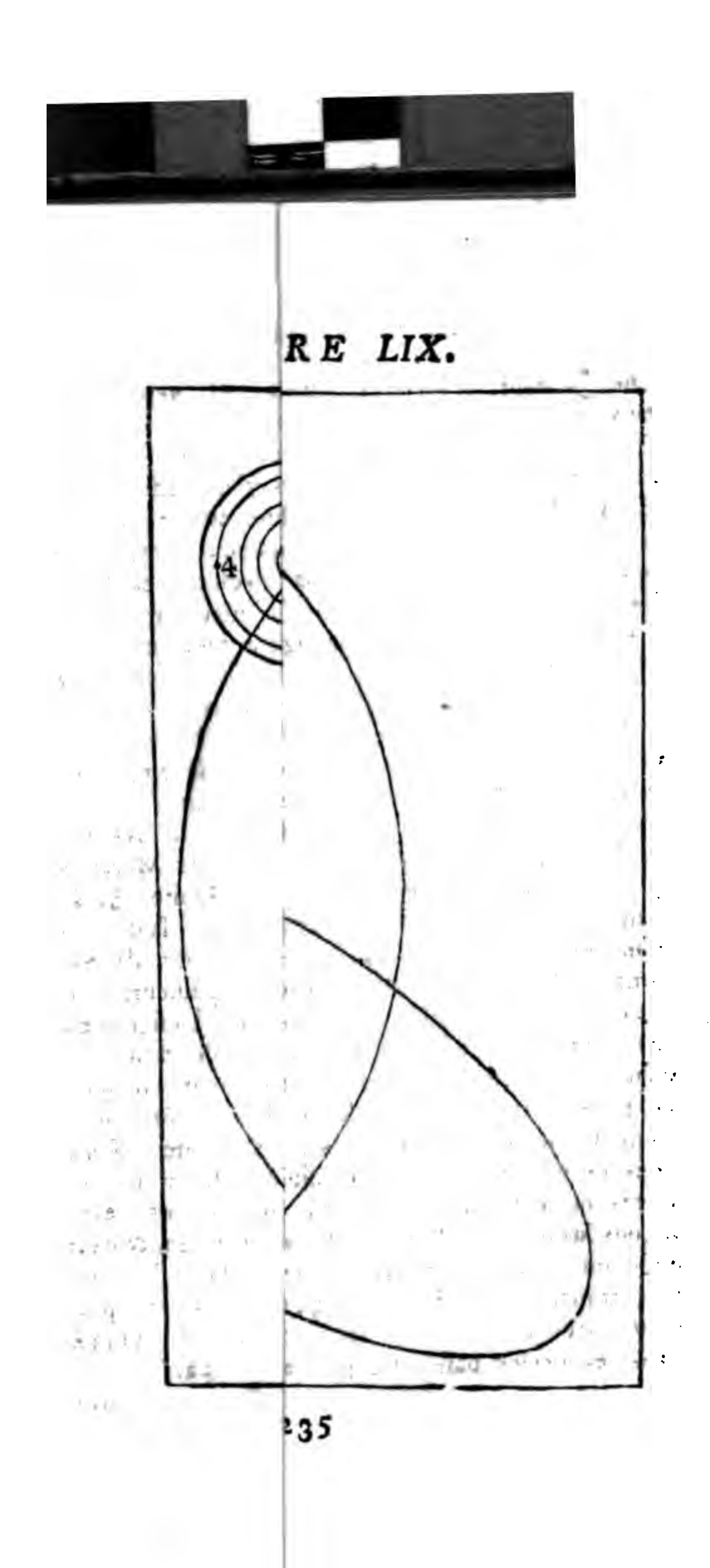
le

[redacted]

le ſoleil. Ces corps ne ſont pas en repos, mais chacun d'eux ſe meut autour du ſoleil par une route qui differe peu d'un cercle, & cette route ſe nomme l'orbite de chaque planete. Le ſoleil lui même eſt à peu près en repos, ainſi que toutes les étoiles fixes, le mouvement que nous leur voions n'etant qu'apparent, & cauſé par le mouvement de la terre. J'ai donc repreſenté ſur la feuille ci jointe ce qu'on nomme le ſyſtême ſolaire, qui renferme tous les corps opaques qui ſe meuvent autour du ſoleil, & qui jouïſſent des mêmes avantages qu'il nous procure. La grande tache que j'ai miſe vers le milieu du papier avec le ſigne ☉ repreſente le ſoleil en repos. Autour de lui ſont ſix cercles qui marquent les orbites ou les routes, par leſquelles les planetes ſe meuvent autour du ſoleil. La planete la plus voiſine du ſoleil eſt Mercure, marqué par le ſigne ☿, & la petite tache qui s'y trouve, repreſente le corps de mercure qui acheve ſon tour par ſon orbite autour du ſoleil en 88 jours environ. Vient enſuite Venus marqué par ♀ qui acheve ſes révolutions autour du ſoleil en 7 mois environ. Le troiſieme cercle eſt notre terre, qui porte le ſigne ♁, & qui acheve ſes révolutions autour du ſoleil dans un an, une année n'étant autre choſe, que le tems que la terre emploïe à parcourir ſon cercle autour du ſoleil. Mais pendant que la terre ſe meut autour du ſoleil, il y a un autre corps qui ſe meut lui même autour de la terre, en la ſuivant dans ſon orbite, & c'eſt la

lune ☽ dont le cercle ou orbite eſt repreſentée dans la figure. Les deux premieres planetes ☿ & ♀ n'ont point viſiblement de corps qui les accompagne, non plus que Mars ♂ qui eſt la quatrieme, & qui parcourt ſon orbite autour du ſoleil en 2 ans environ. Le cinquieme cercle eſt celui de Jupiter ♃ qui fait ſa révolution en douze ans environ. Autour de lui ſe meuvent quatre ſatellites repreſentés dans la figure avec leurs orbites, par les nombres 1. 2. 3. 4. Enfin le ſixieme & dernier cercle eſt l'orbite de Saturne ♄, qui emploie preſque 30 ans pour faire ſa révolution autour du ſoleil. Cette planete eſt accompagnée dans ſon cours de cinq ſatellites marqués par les nombres 1. 2. 3. 4 5. C'eſt ainſi que le ſyſtême du ſoleil renferme ſix planetes principales, Mercure ☿, Venus ♀, la Terre ♁, Mars ♂, Jupiter ♃, & Saturne ♄, & outre cela 10 ſatellites ſavoir la lune, quatre ſatellites de Jupiter, & cinq de Saturne. Ce ſyſtême contient encore pluſieurs cometes, dont le nombre eſt inconnu. La figure en repreſente une, dont l'orbite differe de celle des planetes, parce qu'elle eſt extrêmement allongée, de ſorte qu'une comete s'approche tantôt beaucoup du ſoleil, & tantôt s'en s'éloigne juſqu'à nous devenir tout-à-fait inviſible. Parmi les cometes on a remarqué une qui acheve ſes révolutions dans ſon orbite en 75 ans environ, & c'eſt celle qu'on a vu l'année derniere. Pour les autres cometes, il eſt certain qu'elles mettent pluſieurs ſiecles à parcourir leurs orbites, & comme dans les ſiecles paſſés on ne les a pas exactement

RE LIX.



[illegible] observées, on ne fait rien de leur retour. [illegible] donc en quoi consiste le système du soleil, [illegible] est très probable que chaque étoile fixe [illegible] un semblable.

le 17 Septembre 1760.

LETTRE LX.

Outre ce que j'ai dit à V. A. sur le système solaire, [illegible] dois Lui communiquer encore quelques obser[illegible] pour en expliquer les figures. Il faut re[illegible]quer d'abord, que les lignes qui mar[illegible] les routes que parcourent les planètes en [illegible] de leur mouvement, n'ont aucune réalité [illegible] les cieux, puisque tout l'espace du ciel, par [illegible] les corps célestes se meuvent, est [illegible] ou plutôt rempli de cette matière subtile [illegible] nomme l'éther, dont j'ai eu l'honneur de [illegible] fort amplement à V. A. Ensuite les orbites des planètes n'existent pas toutes dans la [illegible] comme la figure les présente, [illegible] avec le soleil est [illegible] imaginer que [illegible] planètes sont en [illegible] petite [illegible] de chaque planète [illegible] avec le papier [illegible] certain angle qu'il est [illegible] figure [illegible]

Outre

ment obſervées, on ne ſait rien de leur retour. Voila donc en quoi conſiſte le ſyſtême du ſoleil, & il eſt très probable que chaque étoile fixe en ait un ſemblable.

le 17 Septembre 1760.

LETTRE LX.

Outre ce que j'ai dit à *V. A.* ſur le ſyſtême ſolaire, je dois Lui communiquer encore quelques obſervations pour en expliquer les figures. Il faut remarquer d'abord, que les lignes qui marquent les routes que parcourent les planetes en vertu de leur mouvement, n'ont aucune réalité dans les cieux, puiſque tout l'eſpace du ciel, par lequel les corps céleſtes ſe meuvent, eſt vuide ou plutôt rempli de cette matiere ſubtile qu'on nomme l'éther, dont j'ai eu l'honneur de parler fort amplement à *V. A.* Enſuite les orbites des planetes n'exiſtent pas toutes dans un même plan, comme la figure les preſente; mais ſi l'orbite de la terre avec le ſoleil eſt bien repreſentée ſur le papier, il faut s'imaginer que les orbites des autres cinq planetes ſont en partie élevées ſur le papier & en partie deprimées au deſſous, ou bien que l'orbite de chaque planete y eſt couchée obliquement, faiſant avec le papier une interſection, ſous un certain angle qu'il eſt impoſſible de repreſenter dans une figure deſſinée ſur le papier.

Outre

Outre cela, les orbites des planetes ne sont pas des cercles, comme la figure paroit l'indiquer, mais elles sont plutôt d'une figure un peu ovale, l'une plus & l'autre moins; cependant aucune ne diffère pas considerablement d'un cercle. L'orbite de Venus est presque un cercle parfait, mais celle des autres planetes est plus ou moins ovale, de sorte que ces planetes, sont tantôt plus près du soleil & tantôt plus éloignées. Les orbites des cometes, se distinguent par ce qu'elles sont extrêmement ovales ou allongées, comme je l'ai marqué dans la figure. Quant à la lune & aux satellites de Saturne & de Jupiter, leurs orbites sont aussi presque circulaires. Il ne faut pas non plus les concevoir comme étant couchées ainsi qu'elles le sont sur le plan du papier: car elles ne demeurent pas au même endroit; mais elles sont elles-mêmes emportées autour du soleil avec la planete principale à laquelle elles appartiennent. C'est ainsi qu'il faut entendre les lignes representées dans la figure. L'imagination doit suppléer à ce qu'il est impossible de bien representer sur le papier. De là *V. A.* comprendra aisément ce que feu Monsieur de Fontenelle a voulu dire dans son livre sur la pluralité des mondes. On nomme quelquefois monde, la terre toute entiere avec tous les habitans; & à cet égard chaque planete, & même chacun des satellites, merite ce nom avec autant de droit, puisqu'il est plus que vraisemblable que chacun de ces corps a des habitans, aussi bien que la terre. Il y auroit donc seize mondes dans le seul systême du soleil. Ensuite chaque étoile fixe

étant

[redacted]

étant un ſoleil autour duquel un certain nombre de planetes achevent leur révolution, & dont quelques unes ont ſans doute auſſi leurs ſatellites, nous avons preſque une infinité de mondes ſemblables à notre terre, attendu que le nombre des étoiles, vues de nos yeux ſimples, ſurpaſſe quelques milliers, & que les lunettes nous en découvrent encore un nombre incomparablement plus grand. Veut-on comprendre ſous le nom de monde le ſoleil avec les planetes & les ſatellites qui leur appartiennent, & qui en reçoivent leur chaleur & leur lumiere, on aura autant de mondes qu'il y a d'étoiles fixes? Mais ſi ſous le nom de monde on entend la terre avec tous les corps céleſtes, ou bien tous les êtres crées à la fois, il faut faire attention qu'il ne ſauroit y avoir qu'un ſeul monde, auquel on rapporte tout ce qui exiſte. C'eſt dans ce ſens qu'on prend le terme de monde dans la Philoſophie, & en particulier dans la Metaphyſique, où c'eſt un dogme, ou une vérité fondamentale, qu'il n'y a qu'un ſeul monde, qui eſt l'aſſemblage de tous les êtres crées tant paſſés, que préſens & futurs. Si Mr. de Fontenelle avoit voulu ſoutenir dans ce ſens la pluralité des mondes, il auroit certainement été dans l'erreur.

Cependant quand les Philoſophes diſputent entr'eux, ſi notre monde eſt le meilleur ou non? Ils ſuppoſent ſans doute une pluralité de mondes, & pluſieurs ſoutiennent que celui qui exiſte actuellement eſt le meilleur entre tous les autres

tres qui auroient également pû exister. Ils se représentent Dieu comme un Architecte, qui aiant voulu créer ce monde, s'est proposé plusieurs plans, tout differens entr'eux ; parmi lesquels il a choisi le meilleur, ou celui dans lequel toutes les perfections étoient réunies au plus haut dégré ; & qu'il a crée celui-ci préferablement à tous les autres. Ce sentiment paroit être confirmé par l'histoire de la Creation, où il est dit expressément que tout étoit parfaitement bien. Mais le grand nombre des maux qui se trouvent dans ce monde, qui tirent leur origine de la méchanceté des hommes ; cause ici un doute fort important, savoir s'il n'auroit pas été possible de créer un monde tout à fait délivré de tels maux. A mon avis il faut bien distinguer entre des plans d'un monde qui ne contient que des êtres corporels, & d'un monde qui contient aussi des êtres intelligens & libres. Dans le premier cas, un choix du meilleur n'auroit aucune difficulté : mais dans l'autre cas, où les êtres intelligens & libres font la principale partie du monde ; le jugement du meilleur surpasse infinement notre portée, & la méchancheté même des êtres libres peut contribuer à la perfection du monde d'une maniere inconcevable.

Or il semble que les Philosophes n'ont pas assez fait d'attention à cette distinction si essentielle, mais je sens trop mon incapacité pour vouloir entrer dans une question si importante.

le 19 Septembre. 1760.

LET-

LETTRE LXI.

Pour déterminer le mouvement des corps qui composent le système solaire, il faut distinguer les planetes principales, qui sont Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter & Saturne, de leurs Satellites, c'est à dire de la Lune, des quatre satellites de Jupiter, & des cinq de Saturne. J'ai dejà eu l'honneur de faire remarquer à *V. A.* que ces six planetes sont principalement attirées vers le soleil, ou que la force avec laquelle elles sont poussées vers le soleil, est incomparablement plus grande que les forces dont elles s'attirent mutuellement. La raison en est la prodigieuse masse du soleil, & que les planetes ne s'approchent jamais tant entre elles, que leur force mutuelle puisse devenir considerable en comparaison de la force du soleil. Si les planetes étoient uniquement attirées vers le soleil, leur mouvement seroit assez regulier, & fort aisé à déterminer.

Mais les petites forces dont les planetes agissent les unes sur les autres, y causent quelques petites irregularités, que les Astronomes s'occupent à découvrir par les observations, comme les Méchaniciens s'occupent à leur tour pour les déterminer par les principes du mouvement. Il s'agit ici toujours de cette grande question: Les forces qui agissent sur un corps étant connües, quel sera le mouvement de ce corps? Or par les principes exposés ci-dessus, on connoit les forces à l'action



l'action desquelles chaque planete est assujettie. Ainsi le mouvement de la terre est un peu derangé 1° par l'attraction de Venus, qui s'approche quelquefois beaucoup de la Terre, & 2° par l'attraction de Jupiter, qui à cause de sa grandeur, devient considerable, quoi qu'elle soit toujours fort éloignée. La masse de Mars est trop petite pour y produire un effet sensible, nonobstant la proximité où il se trouve quelquefois, & Saturne quoique sa masse soit la plus grande après celle de Jupiter, est trop éloigné. Or la lune quoique très petite, cause quelque derangement, à cause de sa proximité. La comete de l'année derniere a été sept fois plus proche de nous, que le soleil lorsque sa distance étoit la plus petite : il est donc assez vraisemblable que cette comete peut avoir derangé le mouvement de la Terre, sur tout si sa masse étoit considerable, ce que nous ne savons pas. Si cette comete étoit aussi grande que la terre, l'effet devoit être très considerable ; mais sa petitesse apparente me fait croire que son corps est beaucoup plus petit que celui de la terre, & par consequent son effet doit avoir été d'autant de fois plus petit. Cependant lorsque nous vîmes cette comete, elle étoit dejà fort éloignée de nous ; dans le tems où elle en étoit le plus près elle nous étoit invisible, & nos antipodes l'auroient vue assez brillante. Ce que je viens de dire sur les derangemens causés dans le mouvement de la terre, a lieu aussi dans les autres planetes, eu egard à leur masse & à leur proximité. Pour la lune & les autres Satellites, la prin-

principe de leur mouvement eſt un peu différent. La lune eſt ſi proche de la terre, que l'attraction de la terre ſur la lune ſurpaſſe beaucoup celle du ſoleil, quoique la maſſe du ſoleil ſoit pluſieurs milliers de fois plus grande que celle de la terre. De là vient, que le mouvement de la lune ſuit celui de la terre, & qu'elle lui demeure comme attachée, ce qui fait régarder la lune comme un Satellite de la terre. Si la lune avoit été placée beaucoup plus loin de nous, de ſorte que l'attraction vers la terre fût moindre que celle vers le ſoleil, la lune ſeroit devenue une planete principale, & auroit fait ſes révolutions autour du ſoleil: mais à preſent la lune eſt 300 fois plus proche de la terre que du ſoleil, d'où il eſt aiſé de comprendre que l'attraction de la terre peut ſurpaſſer celle du ſoleil. Ainſi la lune étant principalement attirée par deux forces, celle de la terre & celle du ſoleil, il eſt évident que la détermination de ſon mouvement doit être beaucoup plus difficile, que celui des planetes principales, qui n'éprouvent qu'une ſeule force, ſavoir celle du ſoleil, en faiſant abſtraction des petits derangemens dont je viens de parler. Auſſi de tout tems le mouvement de la lune a terriblement embarraſſé les Aſtronomes, & ils n'ont jamais pu parvenir à prédire pour un tems donné, le lieu de la Lune au ciel, ſans ſe tromper conſiderablement. *V. A.* comprend aiſément que pour prédire une éclipſe tant de lune que de ſoleil, il faut être en état d'aſſigner exactement le lieu de la lune. Or



dans les fiecles paffés, quand on a voulu ca
quelque éclipfe, on s'eft fouvent trompé
heure ou davantage, l'éclipfe étant arrivée
heure ou davantage plutôt ou plutard
n'avoit trouvé par le cacul. Quelques peine
les anciens Aftronomes fe foient données
penetrer le mouvement de la lune, ils
toujours refté fort éloignés du vrai : ce
que depuis que le grand Newton a découve
veritables forces qui agiffent fur la lune,
s'eft approché de plus en plus de la ve
après avoir vaincu les obftacles qu'on a re
trés dans cette recherche. J'y avois auffi
ployé bien du tems, & Mr. Meyer de G
gue pourfuivant la route que j'avois fraïée
enfin parvenu à un point de précifion, qu'o
fauroit prefque pouffer plus loin. Ce n'eft
que depuis environ dix ans, qu'on peut fe v
d'avoir affez de connoiffance fur le mouve
de la lune. C'eft depuis ce tems là qu'o
en état de calculer les éclipfes fi exacten
qu'on ne fe trompe pas plus d'une minute
le tems : au lieu qu'avant on s'étoit fo
trompé de 8 minutes & au delà. C'eft do
la Mechanique qu'on eft redevable de cette
portante découverte, qui procure les plus g
avantages, non feulement à l'Aftronomie,
auffi à la Geographie & à la Navigation.

le 23 Septembre

LETTRE LXII.

La force attractive des corps célestes, s'étend non seulement au corps entier de la terre, mais aussi à toutes les parties dont elle est composée. Ainsi tous les corps que nous voïons sur la surface de la terre, sont non seulement attirés à la terre même, d'où résulte leur pesanteur & le poids de chacune en particulier ; mais ils sont aussi attirés vers le soleil & vers tous les autres corps célestes, & cela plus ou moins, selon la grandeur de ces corps & leur distance. Or il est d'abord évident, que la force dont un corps, une pierre, par exemple, est attirée vers la terre doit être incomparablement plus grande, que les forces dont ce même corps est attiré vers le soleil, les autres planetes & la lune, à cause de leur grande distance. Un tel corps étant éloigné du centre de la terre, par la distance du raïon de la terre, est 60 fois plus éloigné de la lune : donc si la lune étoit aussi grande que la terre, l'attraction vers la lune seroit 60 fois 60, ou 3600 fois plus petite que l'attraction vers la terre, ou la pesanteur du corps : or le corps de la lune est environ 70 fois plus petit que le corps de la terre, d'où la force attractive de la lune devient encore 70 fois 3600, ou en tout 252000 fois plus petite que sa pesanteur. Ensuite quoique le soleil soit plusieurs milliers de fois plus grand que la terre, il est environ 24000 fois plus éloigné de nous que le centre de la terre, & c'est pourquoi

corps céleſtes. Cependant, quelque p
ſoit cette attraction, il en reſulte un p
très remarquable qui a toujours ext
tourmenté les Philoſophes: c'eſt le flux
flux de la Mer. On en parle ſi ſouven
diſcours ordinaires, qu'il eſt devenu
neceſſaire d'en avoir connoiſſance; &
cette raiſon que je me propoſe de p
V. A. tant une deſcription detaillée de
nomene ſingulier, qu'une explication d
qui le produiſent. Je commence don
deſcription du phénomene qui eſt c
le nom de *flux* & *reflux* de la Mer.
que la plus grande partie de la ſurfa
terre eſt couverte d'eau, ce qu'on n
Mer ou l'Ocean. Ce grand aſſemblage
eſt bien different des rivieres & des la
ſuivant les differentes ſaiſons de l'ann
tiennent tantôt plus tantôt moins d'eau
que dans la mer la quantité d'eau d
peu près toujours la même. Cependant
ſerve que l'eau de la mer hauſſe & ba
nativement deux fois chaque jour, aſſez
ment. Par exemple, ſi dans un Port
trouve à préſent à la plus grande haut

tion continue pendant 6 heures, où la hauteur devient la plus petite. Elle recommence ensuite à hausser, & cette augmentation dure aussi 6 heures, auquel tems l'eau atteint la plus grande hauteur; De là elle baisse de nouveau pendant six heures, & remonte autant de tems; desorte que dans l'intervalle de 24 heures environ, l'eau monte & baisse deux fois, & parvient alternativement à la plus grande & à la plus petite hauteur. C'est cette alternative d'augmentation & de diminution de l'eau de la mer, qu'on nomme le flux & le reflux de la mer : & en particulier le flux marque le tems ou l'eau monte ou hausse, & le reflux celui où l'eau baisse & diminue. Le flux & le reflux ensemble se nomment aussi la *marée*. C'est donc sur cette alternative élevation & abaissement de l'eau de la mer, que j'aurai l'honneur d'entretenir *V. A.* On remarque d'abord que la difference entre l'élevation & l'abaissement, varie selon la lune. Dans les pleines & nouvelles lunes, l'eau hausse plus que dans les quartiers de la lune : & vers le tems des Equinoxes, au mois de Mars & de Septembre, ce mouvement alternatif de la mer est le plus considerable. On y observe aussi une grande difference, selon la situation des côtes. En quelques endroits le flux ne monte pas au delà de quelques pieds; pendant que dans d'autres il s'éleve jusqu'à 40 pieds & au delà. C'est au port de Bristol en Angleterre où les marées sont si grandes.

Il eſt auſſi à remarquer que ce phénomene s'obſerve principalement dans l'Ocean, où l'eau a une très grande étendue, & que dans les mers bornées ou reſſerrées, comme la mer Baltique & la mediterranée, il eſt peu conſiderable. L'intervalle du flux au reflux ſuivant, n'eſt pas auſſi précisément de 6 heures, mais environ de 11 minutes de plus, en ſorte que les mêmes changemens ne répondent pas le lendemain aux mêmes heures; mais qu'ils arrivent de 3 quart d'heures plus tard: & ce n'eſt qu'au terme de 30 jours qu'ils reviennent à la même heure, ce qui eſt préciſément le tems d'une révolution de la lune, ou d'une nouvelle lune à la ſuivante.

le 25 Septembre 1760.

LETTRE LXIII.

Lorſque l'eau de la mer s'éleve ou devient plus haute en quelque endroit, il ne faut pas s'imaginer que l'eau y ſoit enflée par quelque qualité interne, comme le lait par exemple ſe gonfle étant mis dans un vaiſſeau ſur le feu. L'élevation de la mer eſt cauſée par un accroiſſement réel de l'eau qui y coule d'autre part. C'eſt un vrai courant, qu'on remarque fort bien ſur la mer, qui amene les eaux dans les lieux où le flux arrive. Pour mieux comprendre cela, on n'a qu'à conſiderer que dans la grande étendue de l'ocean, il y a toujours des endroits où l'eau eſt baſſe, pendant que dans d'autres elle eſt haute, & c'eſt de ces endroits là, d'où l'eau eſt actuellement tranſportée dans ceux-ci.

Donc

ɔonc, lorſque l'eau hauſſe en quelque endroit, y a toujours un courant, qui amene l'eau es autres lieux où l'eau baiſſe en même tems. C'eſt onc une erreur de s'imaginer comme font quelues Auteurs, que pendant le flux de la mer, maſſe totale de l'eau devient plus grande, & u'elle diminue pendant le reflux. La maſſe ou le voıme de la mer entiere demeure toujours le même, ıais il y regne un mouvement de réciprocaon, par lequel l'eau eſt alternativement tranſortée de certaines régions dans d'autres ; & ɔrſque l'eau eſt haute quelque part, il y a cerıinement des endroits ou elle eſt baſſe, de ſorte ue l'accroiſſement dans les lieux où l'eau eſt aute, eſt précisément égal au décroiſſement dans eux où elle eſt baſſe. Ce ſont ces phénomenes u flux & reflux de la mer, dont les anciens hiloſophes ont en vain tâché de decouvrir la auſe. Le grand Ariſtote en fut ſi ſurpris, lorſu'il étoit avec Alexandre le grand aux Indes Ɔrientales, qu'il voulut pourſuivre la retraite de ı mer dans le reflux ; mais le retour des eaux ans le flux ſuivant le ſurprit tellement, qu'il en ut noyé, & qu'on n'a pu ſavoir quelles ſpeculaions il peut avoir faites dans cette funeſte exɔerience. Kepler, qui d'ailleurs étoit un très ;rand Aſtronome, & l'ornement de l'Allemagne, a :ru que la terre, de même que tous les corps :éleſtes, étoit un veritable animal vivant, & reɡarde le flux & le reflux de la Mer comme l'efet de ſa reſpiration. Selon ce Philoſophe, les ıommes & les bêtes étoient comme des inſectes

ou des poux, qui se nourissoient sur la peau du grand animal. *V. A.* me dispense aisément de refuter ce sentiment bizarre. Des Cartes, ce grand Philosophe François, a tâché d'introduire plus de lumiere dans la Philosophie, & a remarqué que le flux & reflux de la mer, se regloit principalement sur le mouvement de la lune, ce qui étoit dejà sans contredit, une très grande découverte, quoique les anciens eussent dèja soupçonné cette liaison entre ces deux phénomenes. Car si la haute mer par exemple, ou le flux, arrive aujourd'hui à midi, la mer sera basse à 6 heures 11 minutes du soir: elle montera 22 minutes après minuit, & baissera de nouveau à 6 heures 33 minutes le matin du lendemain; & la haute mer ou le flux suivant arrivera trois quarts d'heure après midi du lendemain: de sorte que d'un jour à l'autre les mêmes marées retardent de 3 quarts d'heure. Or comme la même chose se trouve précisément dans le mouvement de la lune, qui se leve toujours 3 quarts d'heure plus tard que le jour précédent, il étoit à présumer que les marées suivoient le cours de la lune. Si dans quelque endroit, par exemple le jour de la nouvelle lune, la haute mer arrive à 3 heures après midi, on peut être assuré qu'à l'avenir tous les jours de la nouvelle lune, la haute mer arrivera constamment à 3 heures après midi: & que les jours suivans elle retardera toujours de 3 quarts d'heure. De plus, non seulement le tems où chaque flux & reflux arrive, suit exactement la lune, mais aussi la grandeur

des

des marées, qui eſt variable, ſe trouve dans une liaiſon très étroite avec la lune. Les marées ſont par-tout les plus fortes après la nouvelle & la pleine lune, c'eſt-à-dire que dans ces tems là l'élevation de l'eau eſt plus grande, que dans les autres tems: & après le premier & dernier quartier, l'élevation de l'eau pendant le flux eſt la plus petite. Cette belle harmonie entre les marées & le mouvement de la lune ſuffit ſans doute pour conclure que la principale cauſe du flux & du reflux de la mer doit être cherchée dans la lune. Auſſi Des Cartes croioit-il, que la lune en paſſant au deſſus de nous, preſſoit l'atmoſphere ou l'air qui environne la terre, & que l'air preſſoit à ſon tour ſur l'eau, & la faiſoit baiſſer. Dans ce cas, il auroit donc fallu que l'eau fut baſſe dans les endroits au deſſus desquels ſe trouve la lune, & qu'elle fit le même effet 12 heures après dans la marée ſuivante, ce qui n'arrive pourtant pas. Outre cela la lune eſt trop éloignée de la terre, & l'atmoſphere trop baſſe, pour que la lune puiſſe l'atteindre; & quand même la lune ou quelqu'autre grand corps paſſeroit par l'atmoſphere, il s'en faut beaucoup qu'elle en fût preſſée, & moins encore la mer reſſentiroit-elle cette preſſion prétendue. Cet effort de Des Cartes pour expliquer le flux & le reflux de la mer n'a donc point eu de ſuccès, mais la liaiſon de ce phénomene avec le mouvement de la lune, que ce Philoſophe a ſi bien dévéloppée, a mis ſes ſucceſſeurs en état d'y emploier plus heureuſement leurs lumieres.

Q 5 C'eſt

C'eſt ce dont j'aurai l'honneur de parler dans la ſuite á *V. A.*

le 30 Septembre 1760.

LETTRE LXIV.

La methode de Des-Cartes pour expliquer le flux & reflux de la mer par la preſſion de la lune ſur notre atmoſphere n'aiant point eu de ſuccès, il étoit plus raiſonnable d'en chercher la cauſe dans l'attraction que la lune exerce ſur toute la terre, & conſequemment auſſi ſur la mer. La force attractive de tous les corps céleſtes étant déjà ſuffiſamment conſtatée par tant d'autres phénomenes, comme j'ai eu l'honneur de le faire voir à *V. A.* on ne ſauroit douter que le flux & reflux de la mer n'en ſoit une ſuite. Dès que nous établiſſons en effet que la lune, ainſi que les autres corps céleſtes, a la force d'attirer à ſoi tous les corps en raiſon de leur maſſe, & réciproquement en raiſon du quarré de leur diſtance, on comprend aiſément que la mer, comme un corps fluide, ne ſauroit être inſenſible à l'action de cette force, d'autant plus que *V. A.* aura pû ſouvent remarquer, que la moindre force eſt capable d'agiter un fluide. Il s'agit ſeulement d'examiner, ſi la force attractive de la lune, telle que nous la ſuppoſons, eſt effectivement capable de produire dans la mer l'agitation que nous connoiſſons ſous le nom de flux & reflux.

Je

Je ſuppoſe que la Figure ci-jointe repreſente la Terre & la Lune. *A* eſt le lieu où l'on voit la lune, au deſſus de la terre. *B* eſt le lieu directement oppoſé, où ſe trouvent les Antipodes, & *C* marque le centre de la terre. Maintenant, puiſque le point *A* eſt plus proche de la lune que le point *B*, un corps en *A* eſt plus fortement attiré vers la lune,



qu'un corps ſemblable placé en *B*; & ſi nous ſuppoſons un troiſieme corps ſemblable, au centre de la terre *C*, il eſt clair que le corps *A* ſera plus fortement attiré vers la lune que le corps *C*, & que le corps *B* y ſera moins attiré que le corps *C*, puiſque le corps *A* eſt plus proche, & que le corps *B* eſt plus éloigné de la lune que le corps *C*. Or des corps ſemblables ſitués en *E* & en *F* ſont preſque autant attirés vers la lune, que celui qui ſe trouve au centre de la terre *C*, puiſqu'ils ſe trouvent environ à la même

même diſtance de la lune que le corps C. Nous voions par là que tous les corps de la terre ne ſont donc pas également attirés vers la lune. L'inégalite d'attraction dépend de l'inégalité de leur diſtance au centre de la lune *L*, de ſorte qu'un corps de la terre eſt d'autant plus fortement attiré par la lune, qu'il en eſt plus proche, & que l'attraction eſt d'autant plus petite, qu'il en eſt plus éloigné. C'eſt à cette inégalité de forces, dont les corps diverſement ſitués ſur la terre ſont attirés vers la lune, qu'il faut ici principalement faire attention: car ſi tous les corps étoient attirés également vers la lune, ils obéiroient également à cette force, & il n'arriveroit aucun derangement dans leur ſituation mutuelle. Que *V. A.* ſe repreſente pluſieurs chariots trainés par des forces parfaitement égales, ils pourſuivront leur route en ſorte qu'ils conſerveront toujours entr'eux le même ordre & les mêmes diſtances; mais dès que quelques chariots marcheront plus vîte, & d'autres plus lentement, l'ordre ſera troublé. Il en eſt de même des divers corps de la terre, qui ſont attirés par la lune. Si tous ces corps étoient également attirés, ils conſerveroient entr'eux la même ſituation, & nous n'y appercevrions aucun changement; mais dès que les forces dont ils ſont attirés à la lune, ſeront inégales, leur ordre & leur ſituation mutuelle ſeront changés, pourvû que ces corps ne ſoient pas attachés entr'eux par des liens que ces forces ne pourroient pas rompre; ce qui ne ſauroit arriver dans des corps fluides, tels que

la

[redacted]

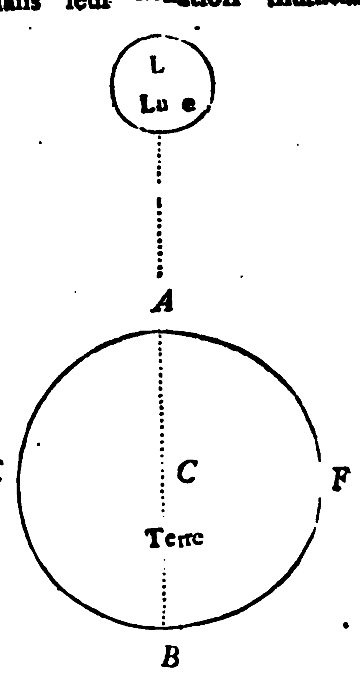
la mer. La raison est que tout corps fluide a necessairement cette proprieté, que toutes ses parties se séparent aisément les unes des autres, & que chacune peut obéir librement aux impressions qui l'agitent. Il est donc clair, que dès que les forces qui agissent sur les diverses parties de la mer, ne sont pas égales entr'elles, il doit naître une agitation, & un derangement dans son assiette ordinaire. Or on vient de voir, que les diverses parties de la mer sont inégalement attirées vers la lune, suivant qu'elles sont inégalement éloignées du centre de la lune; d'où suit que la mer doit être agitée par la force de la lune, & que la lune changeant continuellement de situation à l'égard de la terre, & faisant autour d'elle sa revolution en 24 heures & trois quarts environ, la mer doit éprouver les mêmes changemens & les mêmes phénomenes; après l'intervalle de 24 heures & trois quarts, ou que le flux & le reflux doivent retarder d'un jour à l'autre de trois quarts d'heure, ce qui est d'accord avec l'experience. Il s'agit à present de montrer comment l'élevation & la dépression alternative de la mer, qui succedent par un intervalle de 6 heures & 11 minutes, résulte de l'inégalité des forces de la lune; & c'est ce que je me propose d'examiner dans la suite.

le 4 Octobre 1760.

LETTRE LXV.

La lune, ainsi que *V. A.* vient de voir, ne cause aucune alteration dans l'état de la terre, qu'autant

qu'autant qu'elle agit inégalement ſur ſes diverſes parties. La raiſon eſt, que ſi toutes ſes parties éprouvoient la même action, elles en ſeroient auſſi également entraînées, & il n'en réſulteroit aucun changement dans leur ſituation mutuelle.



Mais un corps en *A* étant plus proche de la lune que le centre de la terre *C*, y eſt auſſi plus fortement attiré qu'un corps en *C*: donc il y approchera auſſi plus vîte que le corps en *C*. Il arrive néceſſairement par là, que le corps *A* s'éloigne du centre *C* vers la lune; de même que s'il y avoit deux chariots en *A* & en *C*, & que le chariot en *A* fût tiré vers *L* avec plus de force que celui qui eſt en *C*, le chariot *A* s'éloigneroit du chariot *C*; D'où il eſt clair que la force de la lune tend à éloigner le point *A* du centre *C*. Or éloigner un corps du centre de la terre, eſt

la

la même chose que l'élever ; & puisqu'il s'agit ici de l'eau qui seroit en *A*, il est certain que la force de la lune tend à elever l'eau qui est en *A*, & cela par une force égale à l'excès dont le point *A* est plus fortement attiré vers la lune que le centre *C*. C'est donc avec cette force que la lune éleve les eaux qui se trouvent immédiatement au dessous d'elle sur la terre. A présent considerons aussi un corps en *B*, opposé directement au point *A*. Ce corps étant moins attiré par la lune qu'un corps semblable situé au centre de la terre *C*, ce centre s'approchera plus de la lune que le point *B*, qui restera, pour ainsi dire, en arriere, de même qu'un chariot qui marcheroit plus lentement que celui qui le précede. L'effet qui en résulte sera que le point *B* s'éloignera du centre *C*, & qu'il s'élevera, puisque s'éloigner du centre de la terre n'est autre chose que s'élever. D'où il est évident que la force de la lune tend à élever les eaux, non seulement celles qui se trouvent en *A*, mais aussi celles qui sont directement opposées en *B* ; & celles ci par une force égale à la difference, dont le point *B* est moins attiré vers la lune que le centre *C*. Or ceux qui sont en *A* ont directement la lune au dessus d'eux, ou bien dans leur Zenith ; & ceux qui sont en *B* ne voient point du tout la lune, qui occupe alors un lieu dans le ciel, directement opposé à leur Zenith, & qui se nomme Nadir. On comprend donc, qu'en quelque endroit de la mer que ce soit, l'eau doit s'élever, tant lorsque la lune se trouve au Zenith

Zenith de l'endroit, qu'à son Nadir, ou, tant lorsque la lune se trouve le plus élevée au dessus de l'horizon; que lorsqu'elle est le plus au dessous du même horizon. Dans les tems moiens, lorsque la lune est à l'horizon même, en se levant ou se couchant, elle n'exerce aucune force pour élever la mer: il résulte même alors une petite force contraire qui tend à la faire baisser. Suivant ce systême, dans un endroit de la mer où la lune est au Zenith, sa force tend à élever l'eau: environ 6 heures après, lorsqu'elle est parvenue à l'horizon, sa force tend à la faire baisser. Douze heures 22 minutes ensuite, la lune se trouvant à la plus grande profondeur au dessous de l'horizon, exerce la meme force pour élever l'eau, & 18 heures 33 min. encore après elle remonte sur l'horizon, en faisant baisser l'eau, jusqu'à ce qu'enfin après 24 heures & 45 minutes depuis le premier terme, elle retourne au Zenith du ciel, où elle recommence á élever l'eau comme elle l'avoit fait le jour precedant: & c'est ce qui s'accorde parfaitement avec les experiences. Ces alternatives d'élevations & dépressions de la mer, par des intervalles de 6 heures & 11 minutes, aiant une si grande conformité avec le mouvement de la lune, ne permettent pas de douter que le flux & reflux de la mer ne soit causé par la force attractive de la lune. La circonstance la plus remarquable, est que la lune agit également sur la mer en l'élevant, soit qu'elle se trouve à la plus grande hauteur au dessus de l'horizon, ou à la plus grande profondeur au dessous du même horizon.

rizon. Ce qui d'abord a paru fort étrange aux Philoſophes, qui s'imaginoient que la lune ſous l'horizon, devroit produire un effet contraire à celui qn'elle produit au Zenith : mais *V. A.* verra très clairement, comment il arrive, que dans ces deux poſitions directement oppoſées, la lune produit le même effet ; puiſque, dans la figure ci-deſſus, j'ai démontré que l'effet de la lune eſt le même en *A* qu'en *B*.

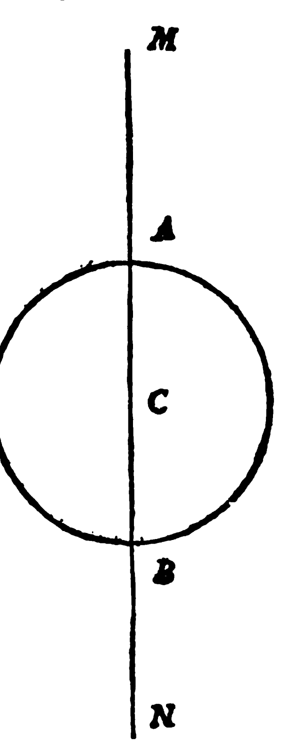
le 7 Octobre 1760.

LETTRE LXVI.

D'après ce que j'ai eu l'honneur de dire à *V. A.* ſur le flux & le reflux de la mer, elle verra que le ſyſtême de Newton, que j'ai ſuivi, eſt directement contraire à celui de Deſcartes. Selon ce dernier, la lune agit par preſſion, & la mer devroit baiſſer aux endroits ſitués directement ſous la lune, au lieu que ſelon Newton, la lune agit par attraction, & fait élever l'eau dans les mêmes lieux. L'experience décideroit donc, lequel de ces deux ſyſtêmes pouvoit être admis. On n'auroit qu'à conſulter les obſervations faites dans le grand ocean, pour voir ſi l'eau monte ou deſcend, quand la lune ſe trouve au Zenith de cet endroit. On y a eu recours effectivement, mais on a remarqué que lorſque la lune ſe trouve au Zenith ou au Nadir d'un lieu donné, l'eau n'y eſt ni haute ni baſſe, & que la haute mer n'arrive que quelques heures après que la lune a paſſé par le Zenith : d'où des gens qui

n'examinent pas à fond les choſes, ont d'abord fait la concluſion, que ni l'un ni l'autre des deux ſyſtêmes n'étoit recevable; & les Carteſiens en ont tiré quelque avantage, croiant que ſi celui de Newton étoit rejetté, celui de Deſcartes devoit néceſſairement être admis, quoique l'obſervation rapportée ſoit auſſi contraire au ſyſtême de Deſcartes qu'elle paroit l'être à celui de Newton. Cependant le ſyſtême de Deſcartes eſt renverſé par ce ſeul phénomene, que la mer ſe trouve toujours dans le même état après un terme de 12 heures 22 minutes, ou que l'état de la mer eſt le même, ſoit que la lune ſe trouve au deſſus ou au deſſous de l'horizon; & il eſt impoſſible à ſes defenſeurs de montrer, comment la lune étant ſur les têtes de nos Antipodes, peut produire le même effet que lorſqu'elle ſe trouve au-deſſus de nos têtes. On va le voir par la figure ci-jointe.

Il eſt certain par l'experience, que l'état de l'eau en *A* eſt le même, ſoit que la lune ſe trouve en *M* où eſt ſon Zenith, ou quelle ſoit en *N*, le Nadir de *A*, & par conſequent le Zenith des Antipodes en *B*. Il faut donc que l'effet de la lune ſur l'eau en *A*, ſoit le même dans l'un & l'autre cas. Or ſi la lune agit par preſſion, comme Deſcartes le prétend, il s'enſuit que la lune étant en *M*, doit faire baiſſer l'eau en *A*, & que ſi elle eſt en *N*, il eſt impoſſible que l'eau en *A* éprouve la même preſſion. Mais dans le ſyſtême d'attraction au contraire, il eſt inconte-



inconteſtable, que l'action de la lune doit être à peu près la même, ſoit que la lune ſe trouve en *M* ou en *N*, & c'eſt ce que font voir les obſervations. On peut ſe ſouvenir ici de l'explication que j'ai donnée ci-deſſus, & que je repeterai, parce qu'elle eſt de la derniere importance. Lorſque la lune eſt en *M*, le point *A* lui eſt plus proche que le centre *C*, donc il eſt plus fortement attiré que le centre *C*, donc le point *A* s'éloignera du centre, donc il s'élevera, donc la lune étant en *M* tend à élever les eaux en *A*. Voions à préſent ce que fera la lune en *N*, où elle parvient 12 heures & 22 minutes après avoir été en *M*. Puiſque le point *A* eſt plus éloigné de la lune en *N* que le centre *C*, il y ſera plus foiblement attiré; donc le centre *C* s'avancera plus vîte vers *N* que le point *A*; donc la diſtance *AC* deviendra plus grande, donc le point *A* ſera plus éloigné du centre *C* : or s'éloigner

du centre de la terre, eſt la même choſe que monter; par conſequent la lune étant en *N*, fait monter le point *A*, ou tend à élever les eaux en *A*, de la même maniere que ſi la lune étoit en *M*. L'experience cependant forme ici une grande objection, puiſqu'on obſerve que lorſque la lune eſt en *M*, ou en *N*, l'eau en *A* ne ſe trouve pas à ſa plus grande élevation: elle n'y arrive que quelque tems après: & par cette raiſon quelques uns n'ont pas heſité de rejetter tout-à-fait cette explication. Mais *V. A.* comprendra facilement, que ce jugement eſt précipité. Je n'ai pas dit, que lorſque la lune eſt en *M* ou en *N*, les eaux en *A* ſe trouvent à la plus grande hauteur; j'ai dit ſimplement, que la force de la lune tend alors à faire monter les eaux. Or les eaux ne ſauroient monter en *A*, ſans que leur quantité ne ſoit augmentée: il faut donc qu'elles y coulent d'autres endroits, & même fort éloignés: il faut du tems pour qu'une quantité ſuffiſante d'eau ſe ſoit accumulée; donc il eſt très naturel, que la haute mer en *A* ne ſauroit arriver que quelque tems après que la lune ſera paſſée par *M* ou *N*. Donc tant s'en faut que cette obſervation renverſe notre ſyſtême, qu'elle le confirme au contraire. Il eſt ſans doute que la force qui tend à élever la mer, doit préceder ſa plus grande élevation, & même d'un tems aſſés conſiderable, puiſdue les eaux y doivent couleur d'endroit fort éloignés, c'eſt-à-dire de ceux où l'eau eſt baſſe, pendant qu'elle eſt haute en *A*. Si les eaux doivent paſſer par des

détroits

détroits, ou qu'elles rencontrent d'autres obſtacles dans leur courant, la haute mer en ſera d'autant plus retardée; & ſi dans l'ocean la haute mer arrive en *A* deux heures après que la lune a paſſé par *M* ou *N*, dans des mers plus reſſerrées, elle n'arrive que trois & pluſieurs heures après: ce qui s'accorde parfaitement avec les obſervations.

le 11. Octobre 1760.

LETTRE LXVII.

V. A. ne doit plus avoir aucun doute que le flux & le reflux de la mer ne ſoit cauſé par la force attractive de la lune; mais il reſte encore une difficulté à lever, qui eſt que cette agitation de la mer eſt beaucoup plus conſiderable aux tems des nouvelles & des pleines lunes, qu'elles ne l'eſt au tems des quartiers de la lune. Si la lune étoit plus proche de la terre lors qu'elle eſt nouvelle ou pleine, que lors qu'elle eſt dans les quartiers, il n'y auroit point de difficulté, puiſqu'un plus grand voiſinage augmenteroit la force de la lune. Mais quoique la lune s'approche, tantôt plus, tantôt moins de la terre, la difference ſeroit toujours trop petite pour produire un changement ſi conſiderable dans le flux & le reflux de la mer. Outre cela, cette difference ne ſe regle pas ſur les nouvelles & pleines lunes; & il peut arriver, que la lune étant dans ſes quartiers, nous ſoit plus proche, que lorſqu'elle eſt pleine ou nouvelle. Il faut donc recourir

[redacted]

à une autre cauſe, qui ſoit capable d'augmenter le flux & le reflux de la mer dans les nouvelles & pleines lunes, & de le diminuer dans les quartiers. Or le ſyſtême d'attraction nous découvre d'abord cette cauſe. C'eſt la force attractive du ſoleil, qui joint à celle de la lune, fournit l'explication complette de tous les phénomenes que le flux & reflux de la mer nous preſentent. En effet, tout ce que j'ai expoſé ſur la force de la lune pour mettre la mer en agitation, eſt auſſi applicable au ſoleil, dont la force attractive agit pareillement ſur toutes les parties de la terre, en attirant plus fort celles qui lui ſont plus proches que celles qui ſont plus éloignées. La force du ſoleil eſt même beaucoup plus grande que celle de la lune, puiſqu'elle regle principalement le mouvement de la terre, & lui fait parcourir ſon orbite. Mais quant à l'agitation qu'elle occaſionne dans la mer, elle dépend de l'inégalité de ces forces, entant que les points de la ſurface de la terre ſont plus ou moins attirés vers le ſoleil que ſon centre, ainſi que je l'ai déja fait voir en expliquant l'action de la lune. La raiſon eſt, que ſi toutes les parties de la terre étoient également attirées, il ne réſulteroit aucun changement dans leur ſituation mutuelle. Or quoique la force du ſoleil ſoit beaucoup plus grande que celle de la lune, l'inégalité, par rapport aux diverſes parties de la terre, eſt néanmoins plus petite. La cauſe de la grande diſtance du ſoleil, qui eſt environ 300 fois plus éloigné de la terre que la lune: la difference qui ſe trouve entre

les

[redacted]

les forces, dont le centre de la terre & les points de ſa ſurface ſont attirés vers le ſoleil, eſt donc très petite, & après en avoir fait le calcul, on trouve que cette difference eſt environ trois fois plus petite que l'inégalité entre les forces de la lune: d'où l'on voit que la ſeule force attractive du ſoleil ſeroit auſſi capable de cauſer le flux & reflux de la mer; mais qui ſeroit environ trois fois plus petit, que celui qui eſt cauſé par la lune. De là il eſt évident, que le flux & le reflux de la mer eſt une production compliquée, tant de la force de la lune que de celle du ſoleil; ou qu'il y a effectivement deux marées, dont l'une eſt cauſée par la lune & l'autre par le ſoleil: celle-là eſt nommée la marée lunaire, & celle-ci la marée ſolaire. Celle de la lune, qui eſt environ trois fois plus grande, ſuit le mouvement de la lune, & retarde d'un jour à l'autre de trois quarts d'heures; & celle qui ſuit le mouvement du ſoleil, répondroit toujours aux mêmes heures du jour, ſi elle exiſtoit ſeule, ou s'il n'y avoit point de lune. Ces deux marées, la lunaire & la ſolaire enſemble, produiſent le flux & le reflux de la mer qu'on obſerve actuellement: mais comme l'une & l'autre ſéparément, font élever & baiſſer alternativement la mer; quand il arrive que ces deux cauſes operent conjointement à hauſſer & baiſſer la mer, le flux & le reflux de la mer devient d'autant plus conſiderable: mais quand l'une tend à élever la mer pendant que l'autre la fait baiſſer au même endroit, de ſorte que leurs effets ſont

contraires, alors l'une ſera diminuée par l'autre, ou la marée lunaire ſera diminuée par la ſolaire. Donc, ſelon que ces deux marées ſont d'accord enſemble, ou l'une contraire à l'autre, le flux & le reflux de la mer ſera d'autant plus ou moins conſiderable. Or puiſque dans les nouvelles lunes, le ſoleil & la lune ſe trouvent aux mêmes lieux du ciel, leurs effets ſont parfaitement d'accord enſemble, & le flux & reflux de la mer doit devenir le plus grand, étant égal à la ſomme des deux marées. La même choſe aura auſſi lieu dans les pleines lunes, lorſque la lune eſt oppoſée au ſoleil ; puiſque nous ſavons que la lune produit le même effet, quoiqu'elle ſe trouve en deux lieux directement oppoſés du ciel: donc le flux & reflux doit être le plus grand, tant dans les nouvelles que dans les pleines lunes. Dans le premier & dernier quartier de la lune, il arrive le contraire. Lorſque la marée lunaire éleve les eaux, la ſolaire les abbaiſſe, & réciproquemant; d'où il eſt clair que dans ces tems, le flux & reflux doit être le plus petit; comme on le remarque auſſi par les obſervations. On peut encore faire voir par le calcul, que l'effet, tant de la lune que du ſoleil, eſt un peu plus grand, lorſque ces corps ſe trouvent dans l'équateur du ciel, ou qu'ils ſont également éloignés des deux poles du monde, ce qui arrive au tems des équinoxes, vers la fin des mois de Mars & de Septembre: & on obſerve auſſi que dans ces ſaiſons, les marées ſont les plus violentes. Il ne reſte donc plus aucun doute, que les marées

[redacted]

marées ou le flux & reflux de la mer, ne soit causé par la force attractive tant de la lune que du soleil, entant que ces forces agissent inégalement sur les diverses parties de la mer; & l'heureuse explication de ce phénomene, qui avoit si fort embarrassé nos ancêtres, confirme entierement le systême d'attraction, ou gravitation universelle, sur le quel est fondé le mouvement de tous les corps célestes,

le 14. Octobre 1760.

LETTRE LXVIII.

Après avoir donné à *V. A.* une idée generale, mais complette, des forces qui produisent les principaux phénomenes dans le monde, & sur lesquelles sont fondés les mouvemens de tous les corps célestes, il sera important de considerer plus exactement ces forces que le systême d'attraction renferme. On suppose dans ce systême, que tous les corps s'attirent mutuellement, en raison de leur masse, & par rapport à leur distance, suivant la loi que j'ai eu l'honneur d'expliquer à *V. A.* L'heureuse explication de la plûpart des phénomenes de la nature, prouve suffisamment, que cette supposition est très solidement fondée, de sorte qu'on peut regarder comme un fait le mieux constaté, que tous les corps s'attirent actuellement les uns les autres. Il s'agit à présent d'approfondir la veritable source de ces forces attractives, ce qui appartient plutôt à la Metaphysique qu'aux Mathematiques; & je ne saurois me flatter d'y réussir aussi heureusement,

Puiſqu'il eſt certain qu'en conſidérant deux corps quelconques, l'un eſt attiré vers l'autre, on demande la cauſe de ce penchant mutuel : c'eſt là deſſus que les ſentimens ſont fort partagés. Les Philoſophes Anglois ſoutiennent, que c'eſt une proprieté eſſentielle de tous les corps de s'attirer mutuellement, que c'eſt comme un penchant naturel que tous les corps ont les uns pour les autres, en vertu duquel les corps s'éfforcent de s'approcher mutuellement, comme s'ils étoient pourvus de quelques ſentiment ou deſir. D'autres Philoſophes regardent ce ſentiment comme abſurde, & contraire aux principes d'une Philoſophie raiſonnable. Ils ne nient pas le fait : ils tombent même d'accord, qu'il y a actuellement au monde des forces qui pouſſent les corps les uns vers les autres ; mais ils ſoutiennent que ces forces agiſſent de dehors ſur les corps, & qu'elles ſe trouvent dans l'éther, ou cette matiere ſubtile qui environne tous les corps, de même que nous voions qu'un corps plongé dans un fluide, en peut recevoir pluſieurs impreſſions pour le mèttre en mouvement. Donc, ſelon les premiers, la cauſe de l'attraction réſide dans les corps mêmes & dans leur propre nature ; & ſelon les derniers, cette cauſe réſide hors des corps, dans le fluide ſubtil qui les environne. Dans ce cas le nom d'attraction feroit peu propre ; il faudroit alors plutôt dire, que les corps ſont pouſſés les uns vers les autres. Mais puiſque l'effet eſt le même, ſoit que deux corps ſoient pouſſés ou attirés réciproquement, le ſeul nom d'attraction ne

ne doit pas choquer, pourvu qu'on ne veuille pas par là décider ſur la nature même de la cauſe. Pour éviter toute confuſion, que la façon de parler pourroit cauſer, on devroit plutôt dire, que les corps du monde ſe meuvent de la même maniere, comme s'ils s'attiroient mutuellement les uns les autres. Par là on laiſſeroit indécis, ſi les forces qui agiſſent ſur les corps réſident dans les corps mêmes, ou hors d'eux. Par cette maniere de parler, l'un & l'autre parti pourroit être content. Arrêtons nous aux corps que nous rencontrons ſur la ſurface de la terre. Perſonne ne ſauroit douter, que tous ces corps ne tombaſſent en bas, dès qu'ils ne ſeroient plus ſoutenus: & c'eſt ſur la veritable cauſe de cette chûte, que roule la queſtion. Les uns diſent, que c'eſt la terre qui attire ces corps, par une force qui lui appartient en vertu de ſa nature; les autres diſent, que c'eſt l'éther ou autre matiere ſubtile & inviſible, qui pouſſe les corps en bas, de ſorte que l'effet eſt néanmoins le même dans l'un & l'autre cas. Le dernier ſentiment plait davantage à ceux qui aiment des principes clairs dans la Philoſophie, puiſqu'il ne voïent pas comment deux corps éloignés l'un de l'autre, peuvent agir l'un ſur l'autre, à moins qu'il n'y ait quelque choſe entr'eux Les autres recourent à la Toute-Puiſſance divine, & ſoutiennent que Dieu a revêtu tous les corps d'une force capable de s'attirer mutuellement. Quoiqu'il ſoit dangereux de vouloir diſputer ſur ce que Dieu auroit pu faire, il eſt néanmoins certain que ſi l'attraction

ction étoit un ouvrage immédiat de la Toute Puissance Divine, sans être fondée dans la nature des corps, ce seroit la même chose, que si l'on disoit que Dieu poussc immédiatement les corps les uns vers les autres, ce qui seroient des miracles continuels. Supposons qu'avant la création du monde, Dieu n'eût créé que deux corps éloignés l'un de l'autre, qu'il n'existât hors d'eux absolument rien, & que ces deux corps fussent en repos; seroit il bien possible que l'un s'approchât de l'autre, ou qu'ils eussent un panchant à s'approcher? Comment l'un sentiroit-il l'autre dans l'éloignement ? Comment pourroit-il avoir un desir de s'en approcher? Ce sont des idées qui révoltent; mais dès qu'on suppose que l'espace entre les corps est rempli d'une matiere subtile, on comprend d'abord que cette matiere peut agir sur les corps en les poussant, l'effet seroit le même comme s'ils s'attiroient mutuellement. Puisque nous savons donc que tout l'espace entre les corps célestes est rempli d'une matiere subtile qu'on nomme l'éther, il semble plus raisonnable d'attribuer l'attraction mutuelle des corps, à une action que l'éther y exerce, quoique la maniere nous soit inconnue, que de recourir à une qualité inintelligible. Les anciens Philosophes se sont contentés d'expliquer les phénomenes du monde par ces sortes de qualités qu'ils ont nommées occultes, en disant, par exemple, que l'opium fait dormir par une qualité occulte qui le rend propre à procurer le sommeil: c'étoit ne rien dire du tout, ou plutôt c'étoit vouloir cacher son ignorance;

norance; on devroit donc auſſi regarder comme une qualité occulte, l'attraction, entant qu'on la donne pour une proprieté eſſentielle des corps: mais comme aujourd'hui l'on tâche de bannir de la philoſophie toutes les qualités occultes, l'attraction conſiderée dans ce ſens doit être auſſi bannie.

le 18. Octobre 1760.

LETTRE LXIX.

La diſpute Metaphyſique, ſi les corps peuvent être doués d'une force interne de s'attirer les uns les autres, ſans qu'ils ſoient pouſſés par une force externe, ne ſauroit être terminée ſans entrer dans une diſcuſſion plus particuliere ſur la nature des corps en general. Comme cette matiere eſt de la derniere importance, non ſeulement dans les Mathematiques & la Phyſique, mais auſſi dans toute la Philoſophie, *V. A.* ne trouvera pas mauvais que je m'étende un peu ſur ce ſujet.

D'abord on demande, ce que c'eſt qu'un corps? Quelqu'abſurde que paroiſſe cette queſtion, puiſque perſonne n'ignore la difference qui ſe trouve entre ce qni eſt corps & ce qui n'eſt pas corps, il eſt pourtant difficile d'approfondir les vrais caracteres qui conſtituent la nature des corps. Les Carteſiens diſent que la nature des corps conſiſte dans l'étendue, de ſorte que tout ce qui eſt étendu ſoit anſſi un corps. Ils entendent bien une étendue à trois dimen-
ſions:

ſions : & ils ſont aſſés bons Géometres pour ſa-voir, qu'une ſeule dimenſion, ou une étendue ſelon la ſeule longueur, ne donne qu'une ligne, & que deux dimenſions, où il n'y a que longueur & largeur, ne forment qu'une ſurface, qui n'eſt pas encore un corps. Pour conſtituer un corps, il faut donc avoir trois dimenſions, & tout corps doit avoir une longueur, une largeur & une profondeur ou épaiſſeur, ceſt-à-dire une étendue à trois dimenſions. Mais on demande en même tems, ſi tout ce qui a cette étendue, eſt un corps? ce qui devroit être, ſi la définition de Deſcartes étoit juſte. L'idée que le peuple ſe forme des ſpectres, renferme bien une étendue, & cependant on nie que ce ſoient des corps. Quoique cette idée ſoit purement imaginaire, elle ſert pourtant à prouver que quelque choſe pourroit être étendue, ſans être un corps. Outre cela, l'idée que nous avons de l'eſpace, renferme ſans doute une étendue à trois dimenſions, & néanmoins on convient que l'eſpace ſeul n'eſt pas encore un corps; il ne fait que fournir les lieux que les corps occu-pent & rempliſſent. Suppoſons que tous les corps qui ſe trouvent à préſent dans ma chambre, & même l'air qui y eſt, ſoient anéantis par la toute puiſſance Divine; & il y aura encore dans ma chambre la même longueur, largeur, & profondeur, ſans qu'il y ait aucun corps. Voilà donc la poſſibilité du moins, d'une étendue qui ne feroit pas corps. Un tel eſpace ſans corps eſt nommé une vuide; & un vuide eſt donc une étendue ſans corps. Auſſi dit-on ſuivant la ſu-

perſtition du peuple, que par exemple un ſpectre a bien une étendue, mais le corps ou la corporalité lui manque; d'où il eſt clair, qu'il ne ſuffit pas d'être étendu, & qu'il faut encore quelque choſe de plus pour conſtituer un corps, d'où ſuit que la définition des Carteſiens n'eſt pas ſuffiſante. Mais qu'eſt ce qui eſt réquis, outre l'étendue, pour former un corps? On répond que c'eſt la mobilité, ou la poſſibilité d'être mis en mouvement; car quoiqu'un corps ſoit en repos, & qu'il s'y tienne très ferme, il ſeroit pourtant poſſible de le mouvoir, pourvû qu'il y eut des forces ſuffiſantes. On exclud par là l'eſpace de la claſſe des corps, puiſqu'on comprend que l'eſpace qui ne ſert qu'à recevoir les corps, demeure immobile, quelque mouvement que puiſſent avoir les corps qui y ſont contenus. On dit auſſi que, par le mouvement, les corps ſont transportés d'un lieu dans un autre; par où l'on donne à entendre que les lieux & l'eſpace demeurent inalterables: cependant ma chambre, avec le vuide que j'ai ſuppoſé ci-deſſus, pourroit bien être mue; & l'eſt même en effet, puiſqu'elle eſt emportée par le mouvement qui emporte la terre elle même; voilà donc un vuide qui ſeroit en mouvement, ſans être corps. Auſſi la ſuperſtition ſuppoſe-t-elle du mouvement aux ſpectres, ce qui ſuffit pour prouver, que la mobilité & l'étendue ne conſtituent pas ſeules la nature du corps. Il faut quelque choſe de plus; il faut de la matiere pour conſtituer un corps; ou plutôt on nomme matiere ce qui diſtingue un corps réel, d'une

ſimple

que toute matiere
ne sommes guere
couvre aisément u
vient à toute mat
corps ; c'est *l'imp*
pénetré par d'autr
que deux corps o
En effet c'est l'im
de ou aux spectres
si un spectre, que
impénetrable, c'e
ser la main, sans
on ne douteroit pa
classe des corps :
me pénetrable, on
objectera-t-on, qu'
& par l'air, qui
être des corps ; ce
netrables, & l'imp
caractere nécessaire
marquer, que quan
particules de l'eau
main, il n'y a plus
passer par l'eau,
point à la main, &
me lieu où se trou

›oint. Donc tous les corps sont impénetrables, ou ju'un corps exclut toujours du lieu qu'il occupe, ous les autres corps; & dès qu'un autre corps :ntre dans ce lieu; il faut absolument que le ›remier le quitte. C'est ainsi qu'il faut entendre e terme d'impénetrabilité.

le 21. Octobre 1760.

LETTRE LXX.

V. A. peut-être m'objectera contre l'impé- ıetrabilité des corps, l'exemple d'une éponge qui tant plongée dans l'eau, en paroit entierement ›énetrée; mais il s'en faut beaucoup, que les ›articules de l'éponge soient tellement penetrées, ju'une particule d'eau se trouve avec une par- icule de l'éponge au même lieu. On sait plu- ôt, que l'eponge est un corps fort poreux, & ju'avant d'être mise dans l'eau, ses pores sont 'emplis d'air; aussitôt que l'eau entre dans es pores de l'éponge, l'air en est chassé par 'eau, & monte en forme de petites bulles; de- orte que dans ce cas il n'arrive aucune pénetra- ion, ni de l'air par l'eau, ni de l'eau par l'air, :elui-ci s'échappant toujours des lieux où l'eau :ntre. C'est donc une proprieté génerale & es- entielle de tous les corps, d'être impénetrables; & ›ar consequent on doit convenir de la justesse de :ette définition; qu'un corps est une étendue mpénetrable, puisque non seulement tous les :orps sont étendus & impénetrables, mais aussi éciproquement, que tout ce qui est étendu &

en même tems impénetrable, eſt ſans contredit un corps. Par là le vuide eſt exclu de la claſſe des corps; car quoiqu'il ait de l'étendue, l'impénetrabilité lui manque, & où il y a du vuide, on y peut mettre des corps, ſans que rien ſoit chaſſé de ſa place; & on n'exclut un ſpectre, quoiqu'imaginaire, de la claſſe des corps, que parce qu'il eſt pénetrable; car dès qu'on s'imagineroit qu'un ſpectre fût impénetrable, on devroit lui accorder une place parmi les corps. Il faut encore lever une autre difficulté qu'on fait contre l'impénetrabilité des corps. Il y a dit-on des corps qui ſe laiſſent comprimer dans un moindre eſpace, comme par exemple la laine, & ſur tout l'air, duquel nous ſavons, qu'il ſe laiſſe comprimer dans un eſpace juſqu'à mille fois plus petit. Il ſemble donc, que les diverſes particules d'air ſont réduites dans le même lieu, & qu'elles ſe pénetrent par conſequent mutuellement: rien de cela cependant, car l'air eſt auſſi un corps, ou une matiere remplie de pores, qui ſont ou vuides, ou pleins de ce fluide incomparablement plus ſubtil, qu'on nomme l'éther. Dans le premier cas, il ne ſe fera aucune pénetration, puiſque les particules d'air ne font que s'approcher davantage entr'elles, en diminuant les vuides; & dans l'autre cas, l'éther trouve aſſés de petits paſſages pour échapper, quand les pores ſont comprimés, & que les particules d'air s'approchent; toujours cependant ſans ſe pénetrér mutuellement. C'eſt auſſi la raiſon pour laquelle il faut employer une plus grande

grande force, quand on veut comprimer l'air davantage: & s'il étoit possible de le comprimer au point que toutes ses particules se touchassent, alors il seroit impossible de le comprimer davantage, quelque force qu'on y voulût employer; & cela par cette raison, qu'une plus grande compression demanderoit une pénetration de la propre matiere de l'air. C'est donc une loi nécessaire & fondamentale dans la nature, que deux corps ne sauroient se pénetrer mutuellement, ou être réduits dans le même lieu; & c'est d'après ce principe qu'il faut chercher la veritable source de tous les mouvemens, & des changemens que nous observons dans le mouvement de tous les corps Dès que deux corps ne sauroient continuer leur mouvement sans se pénetrer, il faut absolument que l'un fasse place à l'autre. Ainsi si deux corps se meuvent sur une même ligne, l'un à gauche & l'autre à droite, comme il arrive souvent au billard; si chacun continuoit son mouvement, ils devroient se pénetrer mutuellement; mais puisque cela est impossible, dès que les deux corps viennent à se toucher, il se fait un choc par lequel le mouvement de chaque corps est changé presque subitement, & ce choc n'est opéré dans la nature, que pour prévenir la pénetration. Le mouvement de chaque corps n'est précisément changé, qu'autant qu'il le faut pour empècher toute pénetration; & c'est en cela que consiste la veritable cause de tous les changemens qui arrivent dans le monde. Quand on considere attentivement tous ces changemens,

on trouve toujours qu'ils arrivent afin de prévenir quelque pénetration, qui auroit du se faire si ces changemens n'étoient point arrivés. Au moment que j'écris ces lignes, je remarque que si le papier étoit pénetrable, ma plume le traverseroit librement sans écrire; mais comme le papier soutient la pression de ma plume humectée d'encre, le papier en reçoit quelques parties d'où sont formées ces lettres; ce qui n'arriveroit pas, si les corps se pénetroient. Cette proprieté de tous les corps, connue sous le nom d'impénetrabilité, est donc, non seulement de la derniere importance à l'égard de toutes nos connoissances, mais elle contient aussi le grand ressort, par lequel la nature opere toutes ses productions. Elle merite donc d'être attentivement examinée, pour pouvoir expliquer plus clairement à *V. A.* tant la nature des corps, que les principes de tous les mouvemens, qu'on nomme les loix du mouvement, tant vantées par les Philosophes.

le 25. Octobre 1760.

LETTRE LXXI.

Tout corps est en repos, ou en mouvement. Quelque évidente que paroisse cette distinction, il est presque impossible de juger si un corps se trouve dans l'un ou l'autre état. Le papier que je vois sur ma table, me semble effectivement en repos; mais quand je réflechis que la terre toute entiere se meut avec une vîtesse aussi grande que j'ai eu l'honneur de le faire voir à *V.*

A. il

[redacted]

A. il faut abſolument que ma maiſon, avec ma table & ce papier, ſoient emportés par le même mouvement: ainſi tout ce qui nous paroît être en repos, a veritablement le même mouvement que la terre. Il faut donc diſtinguer entre le vrai repos & le repos apparent. Le *vrai repos* eſt, lorſqu'un corps demeure conſtamment dans le même lieu, non par rapport à la terre, mais par rapport à l'univers. Ainſi ſi les étoiles fixes demeuroient toujours au mèmes lieux de l'univers, elles ſeroient en repos, quoiqu'elles ſemblent ſe mouvoir bien rapidement: mais comme on n'en eſt pas certain, on ne peut pas dire que les étoiles fixes ſe trouvent dans un vrai repos. Ce qu'on nomme *repos apparent*, eſt lors qu'un corps conſerve la même ſituation ſur la terre; on dit alors qu'il eſt en repos, mais il faut l'entendre d'un repos apparent. Il eſt à préſumer auſſi, que ces termes de repos & de mouvement ſe ſont introduits dans la langue, pour marquer plutôt l'apparence que la verité: & dans ce ſens je puis hardiment dire, que ma table eſt en repos, de même que toute la terre; & que le ſoleil & les étoiles fixes ſont en mouvement, & même dans un mouvement fort rapide, quoiqu'ils ſoient peut-être veritablement en repos. Ce ſeroit donc attribuer aux termes des idées etrangeres & purement philoſophiques, que de vouloir les confondre avec ceux de vrai repos & de vrai mouvement: & il eſt fort ridicule d'emploier, comme font quelques uns, des paſſages de l'écriture ſainte, pour prouver que la terre eſt

en repos, & le foleil en mouvement. Toutes les langues font introduites pour l'ufage du peuple, & les Philofophes font obligés de fe former une langue particuliere. Puifque nous ne faurions juger du repos vrai, il eft très naturel que nous jugions en repos les corps qui confervent la même fituation à l'égard de la terre, comme il eft très vraifemblable que les habitans des autres planetes jugent auffi du repos, par la même fituation à l'égard de leur planete. Nous voions que ceux qui voyagent par mer, eftiment en repos les chofes qui confervent la même fituation à l'egard de leur vaiffeau, & que les côtes qu'ils découvrent, leur femblent être en mouvement; fans qu'on puiffe leur faire de reproches fur cette maniere de parler. Il y a donc une grande difference entre le repos & le mouvement vrais ou abfolus, & le repos ou le mouvement apparent ou rélatif à un corps qu'on confidere alors comme s'il étoit en repos, quoique peut-être il foit en mouvement. Les principes ou loix du mouvement fe rapportent principalement à l'état abfolu des corps, c'eft-à-dire à leur repos ou à leur mouvement, vrai ou abfolu. Pour découvrir ces loix, on commence par confiderer un feul corps, abftraction faite de tous les autres, comme s'ils n'exiftoient point. Cette hypothefe, quoique impoffible, peut faire diftinguer ce qui eft operé par la nature du corps même, de ce que d'autres corps peuvent operer fur lui. Soit donc un corps feul & en repos; on demande, s'il demeurera en repos, ou s'il commencera à fe

mouvoir

mouvoir ? Comme il n'y a aucune raiſon qui le porte à ſe mouvoir d'un coté plutôt que d'un autre, on conclud qu'il demeurera toujours en repos. La même choſe doit arriver, ſuppoſant l'exiſtence d'autres corps, pourvû qu'ils n'agiſſent point ſur le corps en queſtion, d'où il ſuit cette loi fondamentale : *Quand un corps ſe trouve une fois en repos, & qu'il n'y a rien au dehors qui agiſſe ſur lui, ce corps demeurera toujours en repos; & s'il commençoit à ſe mouvoir, la cauſe de ſon mouvement ſeroit hors de lui, de ſorte qu'il n'y a rien dans le corps même, qui ſoit capable de le mettre en mouvement.* Donc, quand nous voions qu'un corps qui a été en repos, commence à ſe mouvoir, nous pouvons être aſſurés que ce mouvement a été cauſé par une force externe, puiſqu'il n'y a rien dans le corps même qui ſoit capable de le mettre en mouvement, & que ce corps, s'il étoit ſeul & ſans communication avec d'autres corps, ſeroit toujours reſté en repos. Quelque fondée que ſoit cette loi, qui pourroit aller de pair avec les verités géometriques, il y a des gens peu accoutumés à examiner les choſes, qui prétendent que l'experience y eſt contraire. Ils alleguent l'exemple d'un fil auquel eſt ſuſpendue une pierre qui eſt en repos, mais qui tombe dès qu'on coupe le fil. Il eſt certain, diſent-ils, que l'action par laquelle on coupe le fil, n'eſt pas capable de faire mouvoir la pierre; il faut donc que la pierre tombe par une force qui lui eſt propre & interne. Le fait eſt certain, mais il eſt auſſi clair que la gra-

vité eſt la cauſe de la chûte, & non une force interne qui ſeroit dans la pierre. Mais ils continuent, & diſent que la gravité pourroit être une force intrinſeque attachée à la nature de la pierre. Il faut remarquer ſur cela, que la gravité eſt produite, ou par une matiere ſubtile, ou par l'attraction de la terre. Dans le premier cas, c'eſt certainement cette matiere ſubtile qui cauſe la chûte de la pierre: dans le ſecond, qui paroît favorable à nos adverſaires, on ne ſauroit dire non plus que la pierre tombe par une force qui lui eſt intrinſeqne: c'eſt plutôt la terre qui en contient la cauſe, & opere la chûte de la pierre par ſa force attractive: car s'il n'y avoit point de terre, ou ſi la terre étoit dépouillée de ſa force attractive, ils conviennent que la pierre ne tomberoit pas. Il eſt donc toujours certain que la cauſe de la chûte ne réſide pas dans la pierre même: c'eſt donc toujours une cauſe externe, ſoit qu'elle ſe trouve dans la matiere ſubtile, ou dans la terre, ſuppoſé qu'elle ſoit douée d'une force attractive, comme les partiſans de l'attraction le prétendent. Cette difficulté levée, la loi que je viens d'établir ſubſiſte, ſavoir, qu'un corps une fois en repos, y demeurera toujours, à moins qu'il ne ſoit mis en mouvement par quelque cauſe qui lui ſoit étrangere. Cette loi doit avoir lieu, pourvû que le corps ait été, pendant un ſeul inſtant, en repos, quoiqu'il ſe ſoit auparavant trouvé en mouvement; & dès qu'il a été une fois reduit à repos, il conſervera toujours cet état de repos, à moins qu'il ne ſurvienne quelque

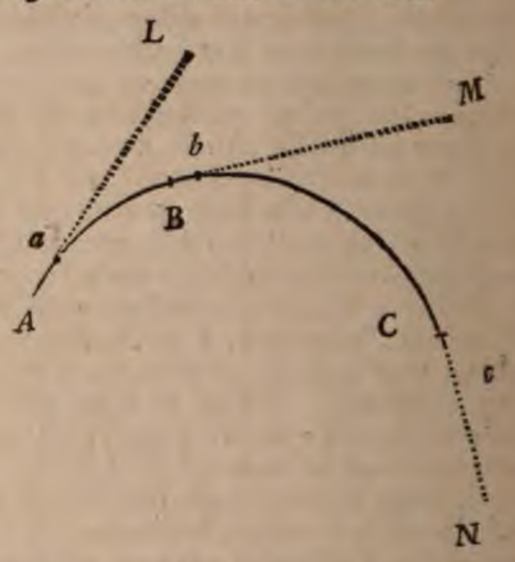
quelque cause étrangere qui le mette en mouvement. Ce principe étant le fondement de toute la Mechanique, il étoit nécessaire de le constater le plus solidement qu'il m'a été possible.

le 28. Octobre 1760.

LETTRE LXXII.

Je reviens à notre corps tellement placé, qu'il n'a point de liaison avec aucun autre corps. Supposons maintenant que ce corps ait reçu quelque mouvement, par quelque cause que ce soit; il s'agit de savoir ce qui lui arrivera dans la suite, si ce corps continuera à se mouvoir? ou s'il sera réduit en repos, & cela subitement ou après quelque tems? *V. A.* comprend bien que cette question est fort importante, & que toutes les recherches que nous faisons sur le mouvement des corps, en dépendent. Examinons, si par la voie du raisonnement nous pouvons parvenir à la décision de cette question. Comme le repos est la demeure d'un corps au même endroit, de même le mouvement est le passage d'un lieu dans un autre; & lorsqu'un corps passe d'un lieu dans un autre, on dit qu'il est en mouvement. Or il y a deux choses à distinguer en tout mouvement, la direction & la vîtesse. La direction est le lieu vers lequel le corps est porté par le mouvement; & la vîtesse est cette qualité bien connue, par laquelle on dit qu'un corps parcourt dans un certain tems, plus ou moins d'espace. Je suis assuré que *V. A.* a sur cela des idées plus

juftes que je ne pourrois lui en fournir par une plus ample explication. Je remarque feulement que, tant qu'un corps conferve la même direction, il fe meut felon une ligne droite; & réciproquement, tant qu'un corps fe meut felon une ligne droite, il conferve la même direction: mais que quand un corps fe meut fuivant une ligne courbe, il change continuellement de direction.



Si donc un corps fe meut dans la ligne courbe *ABC*; lorfqu'il eft en *A*, fa direction eft la petite ligne *A a*, lors qu'il eft en *B* fa direction eft la petite ligne *B b*, & en *C* la petite ligne *C c*. On prolonge alors auffi ces petites lignes, dont les continuations font marquées par les lignes droites ponctuées

ponctuées *AL*, *BM*, *CN*; & l'on dit, que lorsque le corps passe par *A*, sa direction est la ligne droite *AL*, puisque si le corps conservoit la même direction qu'il a en *A*, il seroit mû selon la ligne droite *AL*. Il est donc clair qu'il ne se meut par la ligne courbe, qu'autant qu'il change continuellement sa direction. De même quand il parvient en *B*, & en *C*, la direction dont il s'écarte, est exprimée par les lignes droites *BM* & *CN*.

Quant à la vîtesse du mouvement dans un corps, *V. A.* comprend aisément ce que c'est que de conserver toujours la même vîtesse: cela arrive lorsque le corps se meut toujours également vîte, ou qu'il parcourt en tems égaux des chemins égaux. Ce mouvement s'appelle *uniforme*. Ainsi si, par exemple, un corps se meut en sorte qu'il parcourt toujours dix pieds pendant chaque seconde, on dit que ce mouvement est uniforme: si un autre corps parcouroit vingt pieds par seconde, son mouvement seroit aussi uniforme, mais sa vîtesse seroit deux fois plus grande que la précedente. De ce que je viens de dire sur le mouvement uniforme, il est aisé de comprendre ce que c'est qu'un mouvement qui n'est pas uniforme; car lorsque la vîtesse d'un corps n'est pas égale, son mouvement n'est pas uniforme. En particulier quand la vîtesse d'un corps va en augmentant, son mouvement se nomme *acceleré*; & quand elle diminue continuellement, on dit que son mouvement est *retardé*. Dans ce dernier cas, il

pourroit

pourroit arriver que la vîteſſe diminuât tellement, que le corps ſeroit enfin en repos.

Ces remarques établies ſur la vîteſſe & la direction, je reviens au corps iſolé, que je ſuppoſe mis en mouvement par quelque cauſe que ce ſoit. Lorſqu'il a commencé à ſe mouvoir, il aura eu une certaine direction & une certaine vîteſſe; & l'on demande ſi dans la ſuite il conſervera la même direction & la même vîteſſe, ou s'il ſouffrira quelque alteration? On ne ſauroit dire qu'il ſera réduit au repos dès le premier inſtant: car dans ce cas il n'auroit eu aucun mouvement, tout mouvement ſuppoſant une durée, quelque petite qu'elle ſoit. Or tant que le mouvement dure, il eſt certain que la direction demeurera la même: en effet on ne ſauroit concevoir pourquoi le corps ſe détourneroit de ſa route d'un coté plutôt que d'un autre; donc puiſque rien n'arrive ſans raiſon, il s'enſuit que le corps en queſtion conſervera toujours la même direction, ou que ſon mouvement ſe fera ſur une ligne droite, ce qui eſt déja un grand article pour décider la queſtion. De la même maniere on ſoutient auſſi que la vîteſſe du corps dont je parle, ne ſauroit changer, parce qu'il faudroit qu'elle augmentât ou qu'elle diminuât: mais il n'y auroit aucune raiſon qui pourroit produire un tel changement, d'où l'on conclut que ce corps continuera toujours à ſe mouvoir avec la même vîteſſe, & ſuivant la même direction, ou qu'il marchera continuellement ſuivant une ligne droite, ſans s'en détourner jamais, & qu'il

& qu'il marchera toujours également vîte. Ce mouvement ſe fera donc toujours ſur une ligne droite & avec une égale viteſſe, ſans jamais être ralenti ou retardé: donc le corps ne ſera jamais réduit au repos. Ce que j'ai dit d'un corps que j'ai ſuppoſé ſeul, arriveroit de même à notre monde, ſi d'autres corps n'y avoient aucune influence, puiſqu'alors il en ſeroit de même que s'ils n'exiſtoient pas. Voilà donc la queſtion réſolue: un corps qui eſt en mouvement, conſervera toujours ce mouvement avec la même direction & la même vîteſſe, à moins qu'il ne ſurvienne quelque cauſe externe, capable de troubler le corps dans la continuation de ſon mouvement. Donc, tant qu'un corps n'eſt pas ſoumis à l'action de quelque cauſe externe, il demeurera en repos, s'il a été une fois en repos, ou il ſera mû ſuivant une ligne droite toujours avec la même vîteſſe, s'il a été mis une fois en mouvement; & c'eſt la premiere & principale loi de la nature, ſur laquelle doit être fondée toute la ſcience du mouvement. De là nous tirons d'abord cette conſequence, que toutes les fois que nous voyons ſe mouvoir un corps qui étoit en repos, ou un corps qui ſe meut ſelon une ligne courbe, ou dont la vîteſſe change, il eſt certain alors qu'une cauſe externe agit ſur ce corps. Aucun changement, ni dans la direction, ni dans la vîteſſe ne ſauroit arriver, ſans qu'il ſoit operé par une cauſe externe.

le 1. Novembre. 1760.

LET-

LETTRE LXXIII.

Quelque ſolidement établie que ſoit la verité de ce principe, que tout corps étant mis en mouvement, continue à ſe mouvoir avec la même direction & la même vîteſſe, à moins qu'il ne ſurvienne quelque cauſe exterieure qui derange ce mouvement, elle eſt neanmoins attaquée par quelques Philoſophes, qui n'ont jamais fait de grands progrès dans la ſcience du mouvement, pendant que ceux auxquels nous ſommes redevables de toutes les grandes découvertes qui ont été faites dans cette ſcience, conviennent unanimement que toutes leurs recherches ſont uniquement fondées ſur ce principe. Il eſt combattu par deux ſectes de Philoſophes, dont je vais exposer & réfuter les objections.

Les uns diſent que tous les corps ont un panchant naturel pour le repos, que ce repos eſt leur état naturel, & que le mouvement eſt pour eux un état violent, de ſorte que quand un corps eſt mis en mouvement, il incline par ſa propre nature à retourner à l'état de repos; & qu'il fait des efforts pour arrêter le mouvement, ſans y être forcé par quelque cauſe externe ou étrangere. Ils alleguent en preuve l'experience, ſelon eux ſi convaincante, que nous ne connoiſſons aucun mouvement dans la nature, où l'on ne remarque très viſiblement cette repugnance naturelle. Ne voyons-nous pas, diſent ils, ſur le billard, qu'avec quelque force que nous pouſſions une bille, ſon mouvement

vement ſe ralentit aſſés promtement, & qu'elle rentre bientôt dans le repos. Une horloge auſſi, dès que ſon mouvement n'eſt plus entretenu par la force externe dont elle eſt montée, s'arrête & eſt en repos. En general on remarque dans toutes les machines, que leur mouvement ne dure pas plus long tems que les forces externes dont elles ſont agitées. De là ils concluent que tant s'en faut qu'un corps mis mouvement conſerve le même mouvement par ſa propre nature, qu'il faut au-contraire emploier des forces étrangeres pour entretenir ſon mouvement. Si cette concluſion étoit juſte, *V. A.* comprend bien que notre principe ſeroit renverſé de fond en comble, puiſqu'en vertu de ce principe, la bille & les machines mentionnées étant une fois miſes en mouvement, devroient conſerver toujours le même mouvement, à moins que des cauſes externes n'y occaſionnaſſent quelque changement. Ainſi, dans les experiences rapportées, s'il n'y avoit point de cauſes externes qui arrêtaſſent le mouvement, nous ſerions bien obligés d'abandonner notre principe. Mais dès que nous faiſons attention à toutes les circonſtances, nous rencontrons tant d'obſtacles qui s'oppoſent au mouvement, que nous ne ſaurions plus être ſurpris, de voir que ces mouvemens ſoient ſitôt éteints. En effet, ſur le Billard, c'eſt premierement le frottement qui diminue le mouvement de la bille, qui ne ſauroit s'avancer ſans ſe frotter ſur le drap. Enſuite l'air lui même étant une matiere, cauſe auſſi quelque réſiſtance capable de diminuer le

mouvement

mouvement des corps: pour s'en convaincre on n'a qu'à paſſer fort vîte la main par l'air, pour ſentir cette réſiſtance. De là il eſt clair que ſur le billard c'eſt le frottement & la réſiſtance de l'air, qui s'oppoſent au mouvement de la bille, & qui la réduiſent bien-tôt au repos. Or ces cauſes ſont externes, & l'on comprend que ſans ces obſtacles, le mouvement de la bille devroit durer toujours. Il en eſt de même dans toutes les machines, où le frottement qui agit ſur les diverſes parties eſt ſi conſiderable, qu'il eſt viſiblement une cauſe très ſuffiſante pour réduire bientôt la machine au repos. Aiant donc découvert les veritables cauſes qui operent dans les cas allegués l'extinction du mouvement; puiſque ces cauſes ſont externes & hors du corps qui eſt en mouvement, il eſt donc faux que les corps aient de leur nature un panchant pour le repos. Notre principe ſubſiſte donc, & acquiert même par les objections ſuſmentionnées de nouvelles forces: tout corps conſerve donc toujours le même mouvement qu'il a une fois reçu, à moins que des cauſes étrangeres ne ſurviennent, & n'en changent la direction ou la vîteſſe, ou toutes les deux à la fois. Nous voilà donc delivrés d'une partie de ces adverſaires qui attaquoient notre principe.

Les autres ſont plus à craindre, puiſque ce ſont les fameux Philoſophes Wolfiens. Ils ne ſe déclarent pas ouvertement contre notre principe, pour lequel il temoignent même beaucoup de reſpect; mais ils avancent d'autres principes qui lui ſont directement

directement contraires. Ils ſoutiennent que tout corps, en vertu de ſa propre nature, fait des efforts continuels pour changer ſon état; c'eſt-à-dire que lorſqu'il eſt en repos, il fait des efforts pour ſe mouvoir; & que s'il eſt en mouvement, il fait de efforts pour changer continuellement de vîteſſe & de direction. Il n'alleguent rien en preuve de ce ſentiment, ſi ce n'eſt quelque raiſonnement creux, tiré de leur Metaphyſique, dont j'aurai l'occaſion de parler un jour à *V. A.* Je remarque ici ſeulement, que ce ſentiment eſt contredit par le principe que nous avons ſi ſolidement établi, & par l'experience qui eſt parfaitement d'accord avec ce principe. En effet, s'il eſt vrai qu'un corps en repos demeure, en vertu de ſa nature, dans cet état, il eſt ſans doute faux qu'il faſſe, en vertu de ſa nature, des effors continuels pour changer d'état. De même, s'il eſt vrai qu'un corps en mouvement conſerve, en vertu de ſa nature, ce mouvement avec la même direction & la même vîteſſe, il eſt abſolûment faux, que ce même corps, en vertu de ſa nature, faſſe des efforts continuels pour changer ſon mouvement. Donc ces Philoſophes, en voulant ſoutenir en même tems le vrai principe du mouvement, & leur ſentiment abſurde, ſe contrediſent eux-mêmes, & renverſent par là leur propre ſyſtème de Philoſophie. Il demeure donc inconteſtable, que notre principe eſt le plus ſolidement fondé dans la nature même des corps, & que tout ce qui lui eſt contraire, doit être banni de la veritable Philoſophie; & ce me-

[redacted]

me principe nous met en état de purger la Philosophie de quantité d'illusions. Or on énonce communément ce principe par deux propositions, dont l'une porte, *qu'un corps étant une fois en repos demeure éternellement en repos, à moins qu'il ne soit mis en mouvement par quelque cause externe ou étrangere.* L'autre proposition porte *qu'un corps étant une fois en mouvement, conservera toujours éternellement ce mouvement avec la même direction & la même vitesse, ou bien sera porté d'un mouvement uniforme suivant une ligne droite, à moins qu'il ne soit troublé par quelque cause externe ou étrangere.* C'est en ces deux propositions que consiste le fondement de toute la science du Mouvement, qu'on nomme la Mechanique.

le 4. Novembre 1760.

LETTRE LXXIV.

Comme on dit qu'un corps, tant qu'il est en repos, demeure aussi dans le même état, on dit aussi d'un corps en mouvement, qu'autant qu'il se meut avec la même vitesse & selon la même direction, il demeure dans le même état. Ainsi demeurer dans le même état ne signifie autre chose que rester en repos, ou conserver le même mouvement. Cette maniere de parler s'est introduite, pour énoncer plus succinctement notre grand principe, que tout corps, en vertu de sa nature, se conserve dans le même état, jusqu'à ce qu'une cause étrangere vienne troubler cet état, c'est à-dire, ou de mettre le corps en mouvement

vement

vement lors qu'il eſt en repos, ou de changer ſon mouvement. Il ne faut pas s'imaginer que la conſervation d'état, dans un corps, renferme la demeure au même lieu : cela arrive bien lorſque le corps eſt en repos ; mais lorſqu'il ſe meut avec la même vîteſſe, & ſelon la même direction, on dit également qu'il demeure dans le même état, quoiqu'il change de lieu à tout moment. Cette remarque eſt néceſſaire pour ne pas confondre le changement de lieu avec le changement d'état. Si l'on demande à préſent pourquoi les corps demeurent dans le même état, il faut dire que cela arrive en vertu de leur propre nature. Tous les corps, entant qu'-ils ſont compoſés de matiere, ont néceſſairement cette proprieté de demeurer dans le même état, à moins qu'ils n'en ſoient détournés par quelque cauſe externe. C'eſt là donc une proprieté fondée dans la nature des corps, par laquelle ils tâchent de ſe conſerver dans *le même* état ; ſoit que ce ſoit l'état de repos ou de mouvement. Cette qualité dont tous les corps ſont doués, & qui leur eſt eſſentielle, ſe nomme *Inertie*, & convient auſſi néceſſairement à tous les corps, que l'étendue & l'impénetrabilité ; de ſorte qu'il ſeroit impoſſible qu'il y eut un corps ſans inertie. Ce terme *d'inertie* a d'abord été introduit dans la Philoſophie, par ceux qui ſoutenoient que tout corps avoit un panchant pour le repos. Ils enviſageoient les corps comme des hommes pareſſeux, qui préferent le repos au travail, & attribuoient aux corps une horreur pour le mouve-

ment, ſemblable à celle que les hommes pareſſeux ont pour le travail: le terme d'inertie ſignifiant à peu près la même choſe que celui de pareſſe. Mais quoiqu'on ait depuis reconnu la fauſſeté de ce ſentiment, & que les corps ſe ſoutiennent également dans leur état de mouvement comme dans celui de repos, on a retenu le même mot *d'inertie*, pour marquer en general la proprieté de tous les corps de ſe conſerver dans le même état, ſoit de repos, ſoit de mouvement. On ne ſauroit donc concevoir *l'inertie*, ſans une répugnance pour tout ce qui tendroit à faire changer les corps d'état: car puiſqu'un corps, en vertu de ſa nature, conſerve le même état tant de mouvement que de repos, & qu'il n'en ſauroit être détourné que par des cauſes externes, il s'enſuit que pour qu'un corps change d'état, il faut qu'il y ſoit forcé par quelque cauſe étrangere, & que ſans cela il demeureroit toujours dans le même état. De là vient qu'on donne à cette cauſe externe le nom de *Force*: c'eſt un terme dont on ſe ſert communément, quoique beaucoup de ceux qui l'emploient n'en aient qu'une idée fort imparfaite. *V. A.* verra par ce que je viens de dire, que le nom de force ſignifie tout ce qui eſt capable de changer l'état des corps. Ainſi quand un corps qui a eté en repos, eſt mis en mouvement, c'eſt une force qui a produit cet effet; & quand un corps en mouvement change ou de direction ou de vîteſſe, c'eſt auſſi une force qui a cauſé ce changement. Tout changement de direction ou de vîteſſe dans le mouvement d'un

corps

corps demande ou une augmentation, ou une diminution des forces. Ces forces ſont donc toujours hors du corps dont l'état eſt changé, attendu que nous avons vu qu'un corps abandonné à luimême, conſerve toujours le même état, à moins qu'une force de dehors n'agiſſe ſur lui. Or *l'inertie* par laquelle le corps tend à ſe conſerver dans le même état, exiſte dans le corps même, & en eſt une proprieté eſſentielle. Donc, lorſqu'une force externe change l'état de quelque corps, *l'inertie* qui voudroit le maintenir dans le même état, s'oppoſe à l'action de la force; & de là on comprend que l'inertie eſt une qualité ſuſceptible de meſure, ou que *l'inertie* d'un corps peut être plus grande ou plus petite que celle d'un autre corps. Or les corps ſont doués d'inertie, entant qu'ils renferment de la matiere. C'eſt même de *l'inertie*, ou de la réſiſtance qu'ils oppoſent à tout changement d'état, que nous jugeons de la quantité de matiere d'un corps, & de là l'inertie d'un corps eſt d'autant plus grande, qu'il contient plus de matiere. Auſſi ſavons nous qu'il faut plus de force pour changer l'état d'un grand corps que d'un petit; & c'eſt de là que nous jugeons que le grand corps contient plus de matiere que le petit. On peut même dire que cette ſeule circonſtance, c'eſt-à-dire *l'inertie*, nous rend ſenſible la matiere. Il eſt donc clair que *l'inertie* eſt une quantité, & qu'elle eſt la même que la quantité de matiere qu'un corps contient; & puiſqu'on nomme auſſi la quantité de matiere d'un corps, ſa Maſſe; la meſure de *l'inertie* eſt la même

T 3

[redacted]

me que la mesure de la masse. Voilà donc à quoi se réduit notre connoissance des corps en general. Prémierement, nous savons que tous les corps ont une étendue à trois dimensions: en second lieu qu'ils sont impénetrables, & de là résulte la proprieté generale de tous les corps connue sous le nom *d'inertie*, par laquelle les corps se conservent dans leur état; c'est à-dire que quand un corps est en repos, c'est par son inertie qu'il demeure en repos; & que quand il est en mouvement, c'est aussi par son *inertie* qu'il continue à se mouvoir avec la même vîtesse & selon la même direction; & cette conservation du même état dure jusqu'à ce qu'il survienne une force exterieure, qui y cause quelque changement. Toutes les fois que l'état d'un corps est changé, il n'en faut jamais chercher la cause dans le corps même: elle existe toujours hors du corps, & c'est la juste idée qu'on doit se former d'une Force.

le 8 Nov. 1760.

LETTRE LXXV.

Le principe fondamental de la Mechanique, avec l'idée de *l'inertie* que j'ai eu l'honneur d'expliquer à *V. A.* nous met en état de raisonner solidement sur quantité de Phénomenes qui se presentent dans la nature. En voiant un corps en mouvement, qui marcheroit uniformement selon une ligne droite, c'est-à-dire qui conserveroit la même direction & la même vîtesse, nous dirions que la cause de cette

continuation

[redacted]

continuation de mouvement ne ſe trouve pas hors du corps, mais qu'elle eſt renfermeé dans la nature même du corps, & que c'eſt en vertu de ſon *inertie*, qu'il demeure dans le même état: tout comme ſi le corps étoit en repos, nous dirions, que cela ſe fait en vertu de ſon *inertie*. Nous aurions auſſi raiſon de dire, que ce corps n'éprouve l'action d'aucune force externe, ou que s'il y en avoit, ces forces ſe détruiſent les unes les autres, de ſorte qu'il en ſeroit de même, que s'il n'y en avoit point. Donc, ſi l'on demandoit, pourquoi ce corps continue à ſe mouvoir en cette maniere, la reponſe n'auroit aucune difficulté; mais ſi l'on demandoit, pourquoi ce corps avoit commencé à ſe mouvoir ainſi? la queſtion ſeroit tout-à-fait differente. Il faudroit dire que ce mouvement lui a été imprimé par quelque force externe, ſuppoſé qu'il fût auparavant en repos: mais il ne ſeroit pas poſſible de rien aſſurer ſur la quantité de cette force, puiſque peut-être il n'en reſte plus aucune marque. C'eſt donc une queſtion aſſés ridicule, que de demander, qui a imprimé le mouvement à chaque corps au commencement du monde? ou qui étoit le premier moteur? Ceux qui font cette queſtion, avouent donc un commencement, & conſequemment une création; & ils s'imaginent que Dieu a créé tous les corps en repos; or on leur peut répondre; que celui a qui pu créer les corps, a pu leur imprimer auſſi le mouvement. Je leur demande plutôt à mon tour, s'ils croient plus facile de créer un corps en repos, que de le créer d'abord en mou-

[redacted]

vement? L'un & l'autre demande également la toute-puissance de Dieu, & cette question n'est plus du ressort de la Philosophie. Mais dès qu'un corps à reçu un mouvement, il se conserve par sa propre nature, ou par son *inertie*, dans le même état, dans lequel il doit demeurer inalterablement, tant qu'il n'est point troublé par quelque cause étrangere, ou par une force. Donc toutes les fois que nous voions qu'un corps ne demeure pas dans le memé état, c'est-à dire ou qu'un corps en repos commence à se mouvoir, ou qu'un corps en mouvement change de direction ou de vîtesse, nous devons dire que ce changement a sa cause hors du corps, & est causé par une force étrangere. Ainsi puisqu'une pierre que je lache de la main, tombe en bas, la cause de cette chûte est étrangere au corps, & ce n'est pas par sa propre nature que le corps tombe; c'est une force étrangere, & la même qu'on nomme la gravité: donc la gravité n'est pas une proprieté intrinseque des corps: elle est plutôt l'effet d'une force étrangere dont il faut chercher la source hors du corps. Cela est géometriquement certain, quoique nous ne connoissions point ces forces étrangeres qui causent la gravité. Il est de même quand on jette la pierre; on voit bien que la pierre ne se meut pas par une ligne droite, ni que sa vîtesse demeure toujours la même; c'est aussi cette force étrangere de la gravité, qui change dans le corps sans cesse, tant sa direction que sa vîtesse: sans la gravité la pierre voleroit suivant une ligne droite toujours avec la

même

même vîteſſe : & ſi la gravité s'évanouiſſoit ſubitement pendant le mouvement de la pierre, elle continueroit à ſe mouvoir uniformement ſelon une ligne droite, & elle conſerveroit la même direction & la même vîteſſe, qu'elle auroit eue à l'inſtant où la gravité a ceſſé d'agir. Mais puiſque la gravité dure toujours, & qu'elle agit ſur tous les corps, on ne doit pas être ſurpris, qu'on ne rencontre point de mouvement, où la direction & la vîteſſe demeure la même : le cas du repos peut bien avoir lieu, quand on tient un corps ſi fort qu'il le faut pour empêcher la chûte ; c'eſt ainſi que le plancher de ma chambre me ſoutient, que je ne tombe dans la cave. Mais auſſi les corps qui nous paroiſſent en repos, ſont emportés par le mouvement de la terre, lequel n'etant ni rectiligne, ni uniforme, on ne ſauroit dire que ces corps demeurent dans le meme état. Auſſi parmi les corps céleſtes, il ne s'en trouve aucun qui ſe meuve en ligne droite, & toujours avec la même vîteſſe : donc ils changent continuellement leur état ; & même les forces qui cauſent ce changement continuel ne nous ſont pas inconnues ; ce ſont les forces attractives dont les corps céleſtes agiſſent les uns ſur les autres. J'ai dejà remarqué que ces forces pourroient bien être cauſées par la matiere ſubtile qui environne tous les corps céleſtes, en rempliſſant tout l'eſpace du ciel : mais auſſi ſuivant le ſentiment de ceux qui regardent l'attraction comme une force *inherente* à la matiere ; cette force eſt toujours étrangere au corps ſur lequel elle agit. Ainſi quand on dit que la

 terre

terre eſt attirée vers le ſoleil, on avouë que la force qui agit ſur la terre ne réſide pas dans la terre même, mais qu'elle a ſa ſource dans le ſoleil; puiſqu'en effet, ſi le ſoleil n'exiſtoit pas, cette force ſeroit nulle. Cependant ce ſentiment, que l'attraction eſt eſſentielle à toute matiere, eſt aſſujetti à tant d'autres inconveniens, qu'il n'eſt pas preſque poſſible de lui accorder une place dans une Philoſophie raiſonnable. Il vaut toujours mieux de croire que ce qu'on nomme attraction, eſt une force renfermée dans la matiere ſubtile qui remplit toute l'eſpace du ciel, quoique nous n'en ſachions pas la maniere. Il faut s'accoutumer à avouer ſon ignorance ſur quantité d'autres choſes importantes,

le 11. Novembre 1760.

LETTRE LXXVI.

Ayant fait ſentir à *V. A.* la verité néceſſaire du principe, que tous les corps, par eux-mêmes, ſe conſervent toujours dans le même état, tant de repos que de mouvement; je remarque, que ſi l'on conſultoit là deſſus la ſeule experience, ſans approfondir les choſes par le raiſonnement, on devroit conclure préciſément le contraire, & ſoutenir que tous les corps ont un penchant à changer continuellement d'état; puiſque nous n'obſervons dans le monde, que de tels cas, où l'état des corps eſt continuellement changé. Mais nous venons de remarquer les cauſes qui produiſent ces changemens; & nous ſavons qu'elles

ne ſe

ne ſe trouvent pas dans les corps dont l'état eſt changé, mais hors d'eux; d'où il s'en faut d'autant plus, que le principe que nous avons établi ſoit contredit par l'experience, qu'il en eſt plutôt confirmé. De là votre *V. A.* jugera facilement, combien ſe trompent pluſieurs grands Philoſophes, qui ſéduits par cette experience mal entendue, ſoutiennent que tous les corps ſont doués de forces qui les font changer continuellement leur état. C'eſt ainſi que le grand Wolf a raiſonné. Il diſoit: 1° L'experience nous fait voir que tous les corps changent perpétuellement d'état: 2°. Or tout ce qui eſt capable de changer l'état d'un corps, eſt appellé une force: 3°. Donc tous les corps ſont doués d'une force de changer leur état: 4°. Donc chaque corps fait des efforts continuels pour changer ſon état: 5°. Or cette force ne convient au corps qu'en-tant qu'ils renferme de la matiere: 6°. Donc c'eſt une proprieté de la matiere de changer continuellement ſon propre état: 7°. Or la matiere eſt un compoſé d'une multitude de parties, qu'on nomme les élements de la matiere: 8°. Donc puiſque le compoſé ne ſauroit rien avoir qui ne ſoit fondé dans la nature de ſes élemens, il faut que chaque élement ſoit doué d'une force de changer ſon propre état. Ces élemens ſont des êtres ſimples; car s'ils étoient encore compoſés de parties, ils ne ſeroient pas encore élemens, mais leurs parties le ſeroient. Or un être ſimple eſt auſſi nommé une monade; donc chaque monade a une force de changer continuel-

continuellement ſon état. Voilà l'établiſſement du ſyſtème des Monades, dont peut être *V. A.* a dejà entendu parler, quoiqu'il ne faſſe plus tant de bruit qu'autrefois: & j'ai deſigné par chiffres les propoſitions ſur lesquelles il eſt fondé, pour pouvoir mieux y rapporter mes réflexions. D'abord ſur les deux premieres, il n'y a rien à dire: mais la troiſieme eſt fort équivoque, & dans le ſens où on la prend, elle eſt tout-à-fait fauſſe.

Sans vouloir dire que les forces qui changent l'état des corps, proviennent de quelque eſprit, je tombe volontiers d'accord, que les forces dont l'état de chaque corps eſt changé, ſubſiſtent dans les corps, mais bien entendu dans d'autres corps, & jamais dans celui qui ſouffre le changement d'état; celui-ci aiant plutôt une qualité contraire, qui eſt de ſe conſerver dans le même état. Donc entant que ces forces ſubſiſtent auſſi dans des corps, on devroit dire que les corps, entant qu'ils ſe trouvent en certaines liaiſons entr'eux, peuvent fournir des forces par leſquelles l'état d'un autre corps eſt changé. De là la propoſition quatrieme eſt abſolument fauſſe; & de tout ce qui précede il s'enſuit plutôt, que tout corps eſt doué d'une force de demeurer dans le même état, ce qui eſt préciſément le contraire de ce que ces Philophes en ont conclu. Or je dois remarquer ici, que c'eſt fort mal à propos nommer force cette qualité des corps, par laquelle ils demeurent dans leur état; car ſi l'on comprend ſous

[redacted]

ſous le mot de force tout ce qui eſt capable de changer l'état d'un corps, la qualité par laquelle les corps ſe conſervent dans leur état, eſt plutôt le contraire d'une force. C'eſt donc par abus, que quelques Auteurs donnent le nom de force à l'inertie, qui eſt cette qualité, & qu'ils la nomment la *force d'inertie*. Mais pour ne pas diſputer ſur les termes, quoique cet abus puiſſe précipiter dans des erreurs fort groſſieres, je retourne au ſyſtème des Monades; & puiſque la propoſition n° 4 eſt fauſſe, les ſuivantes qui en découlent immédiatement, ſont auſſi néceſſairement fauſſes; donc il eſt faux auſſi que les élemens de matiere, ou les monades, s'il y en a, ſoïent pourvuës d'une force de changer leur état. Le contraire doit plutôt être vrai, qu'elles ont la qualité de ſe conſerver dans le même état, & par là tout le ſyſtème des Monades eſt entierement renverſé. Ils vouloient par là ramener les élemens de matiere dans la claſſe des êtres, qui comprend les eſprits & les ames qui ont ſans contredit une faculté de changer d'état: car, par exemple, pendant que j'écris, mon ame ſe repreſente continuellement d'autres objets, & ces changemens ſont fondés dans mon ame même, & nullement hors d'elle. Je n'en ſuis que trop convaincu, & je ſuis même le maître de mes penſées; pendant que tous les changemens qui arrivent dans un corps, ſont produits par une force étrangere. Que *V. A.* ajoute encore à ceci la difference infinie qui ſe trouve entre l'état d'un corps, lequel ne renferme qu'une vîteſſe & une

une direction, & les penſées d'une ame; & Elle ſera entierement convaincue de la fauſſeté des ſentimens des Materialiſtes, qui prétendent qu'un eſprit n'eſt qu'un certain mélange de quelque matiere. Ces ſortes de gens n'ont aucune connoiſſance de la veritable nature des corps: cependant preſque tous les eſprits-forts adoptent ce ſentiment faux.

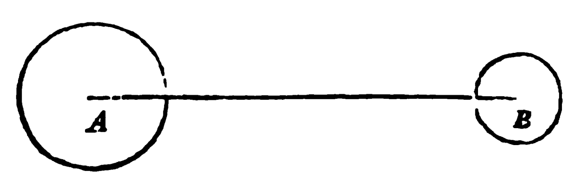
le 15. Novembre 1760.

LETTRE LXXVII.

Il eſt ſans doute fort ſurprenant, que pendant que chaque corps a une diſpoſition naturelle à ſe conſerver dans le même état, & à s'oppoſer même à tout changement, tous les corps du monde néanmoins changent perpetuellement leur état. Nous ſavons bien que ce changement ne ſauroit arriver ſans une force qui a ſon exiſtence hors du corps dont l'état eſt changé; mais où faut-il donc chercher toutes les forces qui operent ces changemens continuels dans tous les corps du monde, & qui ſoient encore étrangeres aux corps? Faudra-t-il donc ſuppoſer, outre les corps qui ſont dans le monde, encore des êtres particuliers qui contiennent ces forces? ou les forces mêmes feroient elles des ſubſtances particulieres exiſtantes dans le monde? Nous ne connoiſſons que deux eſpeces d'êtres, qui exiſtent dans le monde, dont l'une comprend tous les corps, & l'autre tous les êtres intellectuels, ſavoir les eſprits & les ames des hom-
mes

avec celles des bêtes : faudroit il donc, outre corps & les esprits, établir dans le monde ɔre une troisieme espece d'êtres, qui seroient forces ? ou seroient-ce les esprits qui chant continuellement l'état des corps ? L'un & ɪre renferme trop d'inconveniens, pour qu'on ɔuisse acquiescer. Car quoiqu'on ne puisse que les ames des hommes & des bêtes, t un pouvoir de produire des changemens dans s corps, il seroit pourtant absurde de sour que le mouvement d'une bille sur le bil, fut retardé & réduit au repos par quelque it ; ou que la gravité fut operée par un esqui pousseroit sans cesse les corps en bas ; que les corps célestes en-tant qu'ils chant dans leur mouvement de direction & de sse, soient soumis à l'action des esprits, comportoit le sentiment de quelques Philosophes l'antiquité, qui ont assigné à chaque corps cé ɜ un esprit ou ange qui le conduisit dans sa :e. Or en raisonnant solidement sur les phéɪenes du monde, il faut convenir, qu'à l'ex- ɪion des corps animés, c'est à-dire des corps hommes & des bêtes, tous les changemens at qui arrivent aux autres corps, sont pros par des causes corporelles auxquelles les es- s n'ont aucune part. Toute la question se ɪit donc à examiner si les forces qui changent ɪt des corps, existent à part, & constituent espece particuliere d'être, ou si elles existent s le corps ? Ce dernier sentiment paroit d'a- l fort étrange ; car si tous les corps ont un pouvoir

pouvoir de se conserver dans le même état, comment seroit-il possible qu'ils renfermassent en même tems des forces qui tendent à changer cet état? En bien pesant toutes ces difficultés, *V. A.* ne sera pas surprise que l'origine des forces a de tout tems été la pierre d'achoppement de tous les Philosophes. Tous l'ont regardée comme le plus grand mistere dans la nature, qui demeurera toujours caché à la pénetration des mortels. Cependant j'espere de présenter à *V. A.* une explication si claire de ce prétendu mystere, que toutes les difficultés qui ont paru insurmontables jusqu'ici, s'évanouïront entierement. Je dis donc, ce qui paroitra bien étrange, que la même faculté des corps, par laquelle il s'efforcent de se conserver dans le même état, est capable de fournir des forces qui changent l'état des autres. Je ne dis pas qu'un corps change jamais son propre état, mais qu'il peut devenir capable de changer l'état d'un autre corps. Pour mettre *V. A* en état d'approfondir ce mystere sur l'origine des forces, il suffira de considerer deux corps, comme s'ils existoient seuls au monde.



Que le corps *A* soit en repos, & que le corps *B* ait reçu un mouvement suivant la direction *BA*

BA avec une certaine vîteſſe. Cela poſé, le corps *A* voudroit toujours reſter en repos, & le corps *B* voudroit continuer ſon mouvement ſelon la ligne droite *BA*, toujours avec la même vîteſſe; & l'un & l'autre en vertu de ſon *inertie*. Il arrivera donc que le corps *B* parviendra à toucher le corps *A*; mais alors qu'arrivera-t-il? Tant que le corps *A* reſte en repos, le corps *B* ne ſauroit continuer ſon mouvement ſans paſſer à travers du corps *A*, c'eſt-à-dire ſans le pénétrer; donc il eſt impoſſible que l'un & l'autre corps ſe conſerve dans ſon état ſans ſe pénétrer l'un l'autre. Mais il eſt impoſſible qu'une telle pénétration ſe faſſe, l'impénétrablité étant une proprieté abſolument néceſſaire à tous les corps: donc puiſqu'il eſt impoſſible que l'un & l'autre corps ſe conſerve dans ſon état, il faut abſolument, vû que le corps *A* commence à ſe mouvoir pour faire place au corps *B*, afin qu'il puiſſe continuer ſon mouvement, ou que le corps *B* étant parvenu à toucher le corps *A*, ſoit ſubitement réduit au repos, ou que l'état de tous les deux ſoit changé autant qu'il le faut, pour que l'un & l'autre puiſſe enſuite demeurer dans ſon état, ſans ſe pénetrer mutuellement. Il faut donc abſolument que l'un ou l'autre corps, ou que tous les deux, ſouffrent un changément dans leur état; & la raiſon ou la cauſe de ce changement éxiſte infailliblement dans l'impénétrablité dès corps mêmes; donc puiſque toute cauſe capable de changer l'état des corps, eſt nommeé force, c'eſt néceſſairement l'impénétrablité des corps mêmes, qui fournit les

forces qui changent leur état. En effet, puisque l'impénétrablité renferme une impossibilité que les corps se pénétrent mutuellement, chaque corps s'oppose à toute pénétration, quand même elle ne seroit que dans les moindres parties: or s'opposer à la pénétration, n'est autre chose que de déployer les forces nécessaires pour prévenir la pénétration: donc toutes les fois que deux ou plusieurs corps ne sauroient se conserver dans leur état sans se pénétrer mutuellement, alors leur impénétrabilité déploie toujours les forces nécessaires pour changer leur état, autant qu'il le faut pour qu'il n'arrive aucune pénétration. C'est donc l'impénétrabilité des corps qui renferme la veritable origine des forces qui changent continuellement l'état des corps en ce monde: & c'est le vrai dénouement du grand mystere qui a tant tourmenté les Philosophes.

le 18. Novembre 1760.

LETTRE *LXXVIII.*

V. A. vient de faire un très grand pas dans la connoissance de la nature, par l'explication de la vraie origine des forces capables de changer l'état des corps; & maintenant elle peut comprendre aisément, pourquoi tous les corps de ce monde sont assujettis à des changemens continuels dans leur état, tant de repos que de mouvement. D'abord il est certain que tout le monde est rempli de matiere. Nous savons qu'ici-bas tout l'espace qui se trouve entre les corps grossiers, que nous pouvons

pouvons toucher, eſt occupé par l'air, & que quand on tire l'air de quelque eſpace, c'eſt l'éther qui ſuccede d'abord à l'air; & que ce même éther remplit auſſi tout l'eſpace du ciel entre les corps céleſtes. Donc tout étant ainſi plein, il eſt impoſſible qu'un corps en mouvement continue ce mouvement pendant même un inſtant, ſans rencontrer d'autres corps, à travers deſquels il devroit paſſer, s'ils n'étoient pas impénétrables. Donc puiſque cette impénétrabilité des corps déploye toujours & par tout des forces pour prévenir toute pénétration, ces mêmes forces doivent continuellement changer l'état des corps; d'où il n'eſt rien moins que ſurprenant, que nous obſervions des changemens continuels dans l'état des corps, non-obſtant que chaque corps faſſe des efforts pour ſe maintenir dans le même état. Si les corps ſe laiſſoient pénétrer librement, rien n'empêcheroit que chacun d'eux ne demeurât perſeveramment dans ſon état; mais dès que les corps ſont impénétrables, il doit néceſſairement réſulter des forces ſuffiſantes pour prévenir toute pénétration; & même ces forces n'en réſultent, qu'entant qu'il s'agit d'empêcher que les corps ne ſe pénétrent mutuellement. Quand les corps peuvent continuer leur état, ſans apporter aucune atteinte à l'impénétrabilité, alors l'impénétrabilité n'exerce auſſi aucune force, & les corps reſtent actuellement dans leur état; & ce n'eſt que pour prévenir la pénétration, que l'impénétrabilité devient active, & fournit des forces ſuffiſantes pour cet effet. Ainſi quand une petite force eſt ſuffi-



[illegible] pour [illegible] la pénétration, l'impénétrabilité [illegible] requise pour [illegible] la pénétration, l'impénétrabilité est [illegible]. Donc, quoique l'impénétrabilité [illegible] : elle est [illegible] que les circonstances [illegible], & elle est même une [illegible]. Tant que les corps sont [illegible] de l'impénétrabilité, cette [illegible] que ces forces [illegible], & que les corps se pénétrent [illegible] à la [illegible]. Il faut aussi remarquer, que ces forces ne sont jamais l'effet de l'impénétrabilité d'un seul corps : elles résultent toujours de celle de tous les corps [illegible] deux corps [illegible] la pénétration [illegible] & [illegible] de force pour changer l'état [illegible] corps. Donc quand deux corps concourent [illegible], de sorte que tous les deux ne puissent demeurer dans leur état sans se pénétrer, l'impénétrabilité de tous les deux s'oppose également à la pénétration : & c'est par ces deux [illegible], qu'est engendrée la force [illegible] empêcher la pénétration : dans ce cas [illegible] que ces deux corps agissent l'un sur l'autre, & la force engendrée de leur impénétrabilité, opere l'action qu'ils exercent l'un sur l'autre. Cette force agit aussi sur tous les deux

corps

corps à la fois : car comme ils voudroient ſe pénétrer mutuellement, elle repouſſe l'un & l'autre, & empêche par là leur pénétration. Il eſt donc certain que les corps peuvent agir les uns ſur les autres, & on parle ſi ſouvent de l'action des corps, comme quand deux billes ſur le billard ſe choquent, on dit que l'une agit ſur l'autre, que cette maniere de parler ne ſauroit être inconnue à *V. A.* Mais il faut bien remarquer, qu'en general les corps n'agiſſent les uns ſur les autres, qu'entant que leur impénétrabilité ſouffre, & de là il réſulte une force capable de changer l'état de chaque corps, autant préciſément qu'il le faut, pour qu'aucune pénétration n'arrive, deſorte qu'une moindre force ne feroit pas ſuffiſante pour produire cet effet. Il eſt bien vrai qu'une plus grande force empêcheroit auſſi la pénétration, mais dès qu'il n'y a plus de danger que les corps ſe pénétrent, leur impénétrabilité ceſſe d'agir ; d'où l'on voit, qu'il n'en réſulte que la plus petite force qui ſoit encore capable de prévenir la pénétration. Donc puiſque la force eſt la plus petite, l'effet qu'elle produit, c'eſt-à-dire le changement d'état qui en eſt operé, ſera auſſi le plus petit poſſible, pour empêcher la pénétration ; & conſequemment quand deux ou pluſieurs corps concourent enſemble, de ſorte que chaqu'un ne ſauroit demeurer dans ſon état ſans pénétrer les autres, il y arrive une action mutuelle & cette action eſt toujours la plus petite, qui ſoit encore capable d'empêcher la pénétration. C'eſt donc ici que *V. A.* trouvera con-

tre toute attente le fondement du syſtême de feu Mr. de Maupertuis, tant vanté & tant conteſté. Son principe eſt celui de la moindre action, par lequel il prétend que dans tous les changemens qui arrivent dans la nature, l'action qui les opere eſt toujours la plus petite qui ſoit poſſible. De là maniere que j'ai l'honneur de préſenter ce principe à *V. A.* il eſt évident qu'il eſt parfaitement fondé dans la nature même des corps, & que ceux qui le nient ont grand tort, mais pas tant encore que ceux qui s'en mocquent. *V. A.* aura peut-être dejà remarqué que certaines perſonnes, qui ne ſont pas trop amies de Mr. de Maupertuis, ſaiſiſſent toutes les occaſions pour ſe mocquer du principe de la moindre action, de même que du trou juſqu'au centre de la terre: mais heureuſement la vérité n'y ſouffre rien.

le 22 Novembre 1760.

LETTRE LXXIX.

L'origine des forces fondée ſur l'impénétrablité des corps, que j'ai eu l'honneur d'expliquer à *V. A.* ne détruit pas le ſentiment de ceux qui ſoutiennent que les ames des hommes & des bêtes ont un pouvoir d'agir ſur leur corps. Rien n'empêche qu'il n'y ait deux eſpeces de forces, qui cauſent tous les changemens dans le monde. L'une eſt celle des forces corporelles, qui tirent leur origine de l'impénétrabilité des corps; & l'autre celle des forces ſpirituelles, que les ames des animaux exercent ſur leur corps; mais cette

eſpece

espece se borne uniquement aux corps animés, que le Créateur a si bien distingués des autres corps, qu'il n'est pas permis de les confondre dans la Philosophie. Mais pour l'attraction, entant qu'on la regarde comme une qualité intrinseque des corps, elle en reçoit un coup fort rude : car si les corps n'agissent les uns sur les autres que pour maintenir leur impénétrabilité, l'attraction ne sauroit être rapportée à ce cas. Deux corps éloignés l'un de l'autre, peuvent conserver chacun son état, sans que leur impénetrabilité y soit interessée, & par consequent il n'y a aucune raison pour que l'un agisse sur l'autre, & cela même en l'attirant à soi. En tout cas l'attraction devroit être rapportée à une troisieme espece de forces, qui ne seroient ni corporelles ni spirituelles. Or il est toujours contre les regles d'une Philosophie raisonnable, d'y introduire une nouvelle espece de forces, avant que leur éxistence soit incontestablement démontrée. Pour cet effet il faudroit avoir prouvé sans replique, que les forces dont les corps s'attirent mutuellement, ne sauroient tirer leur origine de la matiere subtile qui environne tous les corps ; mais personne n'a encore prouvé cette impossibilité. Il semble plutôt que le Créateur ait rempli exprès tous les espaces du ciel, avec une matiere subtile, pour donner naissance à ces forces, qui poussent les corps les uns vers les autres, & celà conformement à la loi établie ci-dessus sur l'impénétrabilité des corps. En effet la matiere subtile pourroit bien avoir un mouvement tel, qu'un corps qui s'y

trouve ne sauroit conserver son état sans en être pénétré ; & dans ce cas il faudroit bien qu'une telle force fût engendrée de l'impénétrabilité, tant de la matiere subtile, que du corps même. S'il y avoit un seul cas au monde, où deux corps s'attirent sans que l'espace entre-eux fût rempli d'une matiere subtile, il faudroit bien admettre la réalité de l'attraction ; mais ce cas n'existe point, & par consequent on a raison d'en douter, & même de la rejetter. Nous ne connoissons donc que deux sources de toutes les forces qui operent ces changemens, savoir l'impénétrablité des corps & l'action des esprits. Les sectateurs de Wolf rejettent aussi cette derniere, & soutiennent qu'aucun esprit ou substance immaterielle ne peut agir sur un corps : & ils sont fort embarrassés, quand on leur dit, que selon eux Dieu même étant un esprit, n'auroit pas le pouvoir d'agir sur les corps, ce qui sentiroit fort l'Athéisme. Aussi n'y donnent-ils que cette reponse bien froide, que c'est à cause de l'infinité, que Dieu peut agir sur les corps : mais s'il est impossible à un esprit, en-tant qu'il est esprit, d'agir sur les corps, cette impuissance réjaillit nécessairement sur Dieu même. Ensuite qui pourroit nier, que notre ame n'agisse sur notre corps. Je suis tellement le maitre de mes membres, que je puis les mettre en action selon mon gré. La même chose peut se dire aussi des bêtes : & comme on a raison de se mocquer des sentimens de Descartes, que toutes les bêtes ne sont que des machines semblables à une montre, sans aucun sentiment,

[redacted]

timent, les Wollfiens font des hommes mêmes, de simples machines.

Or ces mêmes Philosophes dans leurs spéculations vont jusqu'à nier aussi la premiere espece de forces, dont il ne connoissent rien du tout. Car ne pouvant comprendre, comment un corps agit sur un autre, ils en nient l'action hardiment, & soutiennent, que tous les changemens qui arrivent dans un corps, sont causés par les propres forces de ce même corps. Ce sont les mêmes Philosophes, dont j'ai eu dejà l'honneur de parler à *V. A.* qui nient le premier principe de la Mechanique sur la conservation du même état, ce qui suffit pour renverser tout leur systême. La raison de leur égarement est, comme je l'ai déjà remarqué, qu'ils ont mal commencé à raisonner sur les Phénomenes que les corps du monde nous présentent. De ce qu'on voit, que presque tous les corps changent continuellement leur état, ils en ont conclu par précipitation, que tous les corps renferment en eux-mêmes des forces, par lesquelles ils s'efforcent à changer leur état sans cesse; au lieu qu'ils en auroient du conclure le contraire. C'est ainsi qu'en ne considerant les choses que superficiellement, on se précipite dans les erreurs les plus grossieres. J'ai dejà fait sentir à *V. A.* le défaut de ce raisonnement; Mais aiant une fois commis cette faute; ils se sont livrés à des sentimens les plus absurdes. D'abord ils ont transferé ces forces internes aux premiers élemens de la matiere, qui selon eux font des efforts conti-

nuels pour changer leur état, & de là ils ont conclu, que tous les changemens auxquels chaque élement est assujetti, sont produits par sa propre force, & que deux élemens, ou êtres simples, ne sauroient agir l'un sur l'autre. Cela posé, puisque les esprits sont aussi des êtres simples, il falloit les dépouiller de tout pouvoir d'agir sur les corps; pourtant ils en excluent Dieu: & ensuite puisque les corps sont composés des êtres simples, ils étoient obligés aussi de nier que les corps puissent agir les uns sur les autres. On avoit beau leur objecter le cas des corps qui se choquent, & le changement de leur état qui en est une suite: il sont trop entêtés de la solidité de leur raisonnement, pour l'abandonner; ils aiment mieux dire que chaque corps, par sa propre nature, opere le changement qui lui arrive, & que le choc n'y fait rien; que ce n'est qu'une illusion, qui nous fait croire que le choc en est la cause. De là ils se vantent beaucoup de la sublimité de leur Philosophie, que le vulgaire ne sauroit comprendre. *V. A.* est à present en étât d'en porter un jugement très juste.

le 25 Novembre 1760.

FIN.

DU PREMIER VOLUME









